

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ
И ИНФОРМАТИКИ
Кафедра компьютерных технологий и систем**

В. Б. Таранчук

ОСНОВЫ РАБОТЫ С БЛОКНОТАМИ *MATHEMATICA*

**Учебные материалы для студентов
факультета прикладной математики и информатики
специальности 1-31 03 04 «Информатика»**

**МИНСК
2015**

УДК 004.42(075.8)
ББК 32.973-018я73-1
Т19

Утверждено на заседании
кафедры компьютерных технологий и систем
15 января 2015 г., протокол № 8

Таранчук, В. Б.

Т19 Основы работы с блокнотами *Mathematica* : учеб. материалы для студентов фак. прикладной математики и информатики / В. Б. Таранчук. – Минск : БГУ, 2015. – 52 с.

В учебных материалах рассматриваются основы работы с блокнотами системы компьютерной алгебры Wolfram *Mathematica*, описаны приёмы работы и оформления секций.

Предназначено для студентов факультета прикладной математики и информатики.

УДК 004.42(075.8)
ББК 32.973-018я73-1

© Таранчук, В. Б., 2015
© БГУ, 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данные учебные материалы содержат изложение первой части дисциплины специализации «Технологии интерактивной визуализации». Эта дисциплина знакомит студентов с методами и инструментами создания в *Wolfram Mathematica* интерактивных программных модулей с возможностями: символьных вычислений, графического представления математических преобразований и расчётов, визуализации функций и данных, экспорта формируемых динамических изображений.

Основная цель дисциплины - подготовка студентов к практической работе по использованию современных информационных технологий для решения задач обработки и визуализации результатов компьютерного моделирования.

Основными задачами дисциплины являются:

- дать характеристику современного состояния, классификацию систем компьютерной математики;
- ознакомить с основами функционального программирования;
- сформировать практические навыки выполнения символьных вычислений с помощью систем компьютерной алгебры;
- сформировать практические навыки визуализации результатов компьютерного моделирования.

В результате изучения дисциплины студенты должны знать:

- основные правила и приёмы работы с системой компьютерной алгебры *Wolfram Mathematica*; правила работы с интерактивной справочной системой;
- основные правила программирования и отладки блокнотов системы *Mathematica*;
- основные функции работы со списками;
- функции преобразования и упрощения математических выражений;
- основные требования, правила иллюстрирования графиками и диаграммами функциональных зависимостей и табличных данных;

уметь:

- получать подсказки функций, опций, директив в системе *Mathematica*;
- вводить и редактировать в *Mathematica* тексты с математической нотацией, готовить документы разного назначения, стилей и форматов;

- составлять и форматировать таблицы, создавать и сопровождать базы данных, выполнять импорт, экспорт, обработку и архивирование наборов экспериментальных данных;
- иллюстрировать результаты наблюдений и расчётов графиками и диаграммами, оформлять их, создавать динамические иллюстрации; владеть:
- средствами разработки интерактивных программных компонент системы *Mathematica*;
- навыками создания в *Mathematica* свободно распространяемых программных модулей.

В данные учебные материалы включены описания основных правил и примеры работы с блокнотами системы *Mathematica*. Блокноты являются основными объектами, с которым работает система, в блокноте пользователь вводит комментарии и функции (команды), выполняет их, получает результаты. В изложении также приведены практические задания, включены вопросы и задачи для самостоятельного изучения и выполнения с рекомендациями по использованию дополнительных источников.

Советы и критические замечания по изложению данного просьба направлять на taranchuk@bsu.by.

СПИСОК ОСНОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

БД – база данных

ИТ – информационные технологии

ОС – операционная система

ПО – программное обеспечение

СКА – система компьютерной алгебры

СКМ – система компьютерной математики

NB (notebook) – блокнот, основной документ системы *Mathematica*



Основы работы с блокнотами *Mathematica*

Таранчук Валерий Борисович

БГУ,

факультет прикладной математики и информатики

Учебные материалы, инструкции и рекомендации пользователям системы компьютерной алгебры *Mathematica*, обучающие примеры и упражнения (оригинал документа создан и предоставляется студентам в формате NB, электронная версия конспекта размещена на сайте www.cas.fpmi.bsu.by)

- ▼ Справа от настоящего текста (это заголовок упакованной секции) Вы видите две скобки – внутреннюю и внешнюю. Внешняя скобка в начальный момент отличается от внутренней тем, что внизу содержит закрашенный треугольник – это признак того, что секция свернута (сгруппирована) и содержит больше, чем Вы видите до ее раскрытия. Чтобы раскрыть подобную секцию, нужно:

- подвести к внешней скобке указатель - он примет вид стрелки, упирающейся в вертикальную линию (|←),
- двойным щелчком раскрыть секцию.

Аналогичными действиями раскрытая секция сворачивается.

Уважаемые читатели. Везде ниже при изложении текста я использую термин “секция”. В литературе можно встретить не секция, а ячейка. Время покажет какой термин станет основным. Пояснением моего предпочтения является ссылка на *MS Excel*, где устойчиво и всеми применяется термин ячейка. Считаю, что там именно ячейки, а в блокнотах *Mathematica* более общие объекты, поэтому в изложении ниже преобладает термин секция, а не ячейка. Уверен, что мои читатели быстро поймут разницу.

Если вы полностью скопировали конфигурационные установки, то слева от первой строки текста видите треугольник (или крышку – зависит от операционной системы). Щелкнув на нем указателем мыши, вы раскрываете / закрываете секцию, т.е. можете сделать то, что описано выше другим способом – освоите два способа раскрытия / сворачивания секций.

Уважаемые читатели. В сгруппированной секции выше (и везде далее в подобных) при работе с оригинальным блокнотом, раскрывая группу секций, вы получаете дополнительные материалы для самостоятельного изучения.

▼ Содержание лекции и занятия 1, учебные материалы:

- ✓ Технологии интерактивной визуализации. Из программы дисциплины
- ✓ Системы компьютерной математики. Терминология
- ✓ *Wolfram Mathematica*. Примеры вычислений, визуализации
 - ✓ Упражнения. Упростить записанные выражения
 - ✓ Как манипулировать выражениями с интерактивностью

- ✓ Примеры интерактивности в 1D графике
- ✓ Динамические элементы “локаторы”
- ✓ Элементы управления при работе с 3D графикой
- ✓ Лабораторный практикум
- ✓ Пояснения по темам и заданиям КСР

Технологии интерактивной визуализации. Из программы

Дисциплина специализации «Технологии интерактивной визуализации» знакомит студентов с методами и инструментами создания в Wolfram *Mathematica* интерактивных программных модулей с возможностью символьных вычислений, иллюстрирования математических преобразований и расчётов, графической визуализации функций и данных, экспорта формируемых динамических изображений.

► Основная цель дисциплины

Системы компьютерной математики. Терминология

▼ Фундаментальное научное направление - компьютерная алгебра

В середине XX века на стыке математики и информатики возникло и интенсивно развивается *фундаментальное научное направление - компьютерная алгебра*, наука об эффективных алгоритмах вычислений математических объектов. Синонимами термина “компьютерная алгебра” являются: “символьные вычисления”, “аналитические вычисления”, “аналитические преобразования”, “формальные вычисления” ([1]).

Во второй половине прошлого века основные результаты компьютерной алгебры были получены в теории базисов Грёбнера, факторизации многочленов, интегрирования в конечном виде. В настоящее время развивается теория и расширяется область применения алгоритмов факторизации, охватывая, например, случай многочленов с коэффициентами из конечных полей или из полей алгебраических чисел. Многие научные работы посвящены дальнейшему исследованию базисов Грёбнера и их обобщений (базисы Ширшова-Грёбнера, инволютивные базисы), отысканию оптимальных алгоритмов их построения. Решение задач криптографии стимулировало исследования по факторизации натуральных чисел, по алгоритмам генерации больших простых чисел, проверки на простоту, по алгоритмическим проблемам арифметики эллиптических кривых.

Круг математических задач, которые можно решить с помощью систем компьютерной алгебры, непрерывно расширяется. Значительные усилия исследователей направлены на разработку алгоритмов вычисления топологических инвариантов многообразий, узлов,

алгебраических кривых, когомологий различных математических объектов, арифметических инвариантов колец целых элементов в полях алгебраических чисел. Другое направление современных исследований - квантовые алгоритмы, имеющие иногда полиномиальную сложность, тогда как существующие классические алгоритмы имеют экспоненциальную.

Направление компьютерная алгебра представлено теорией, технологиями, программными средствами. К прикладным результатам относят разработанные алгоритмы и программное обеспечение для решения с помощью компьютера задач, в которых исходные данные и результаты имеют вид математических выражений, формул.

Основным продуктом компьютерной алгебры стали программные системы компьютерной алгебры – СКА (англ. Computer Algebra System, CAS). Систем этой категории достаточно много, им посвящены многие издания, систематически выходят обновления с изложением возможностей новых версий. С обстоятельным изложением на русском языке основных правил работы и обзором решаемых с помощью СКА классов задач по состоянию на 2008 г. можно ознакомиться в книге [2]. Текущее состояние – можно просмотреть по [1].

▼ Системы компьютерной математики и компьютерной алгебры

Не следует отождествлять системы компьютерной алгебры и компьютерной математики. Например, в [2] СКМ условно делятся на две категории: системы компьютерной алгебры и системы для численных вычислений. В ряде изданий к СКМ обычно относят ([2]):

- табличные процессоры, например, Microsoft Excel, Lotus Symphony Spreadsheets, Gnumeric, OpenOffice.org Calc;
- системы для статистических расчётов, например, STATISTICA, PASW Statistics (первоначальное название SPSS Statistics);
- системы для моделирования, анализа и принятия решений, например, GPSS, AnyLogic, DSS;
- системы компьютерной алгебры;
- универсальные математические системы.

Если с выделением в отдельные группы первых трёх из перечисленных СКМ есть согласие большинства авторов, то отнесение в отдельную группу универсальных математических систем прослеживается только у нескольких.

Основные СКА в контексте численных и аналитических вычислений большинством авторов считаются универсальными системами. Скорее всего, классификация и разделение СКМ в некоторых изданиях на 5 групп определяется тем, к какой из систем они относились изначально, и зависит от истории их зарождения.

В настоящем изложении принята терминология, отличная от [3, 4], где программные средства, ориентированные на решение математических задач, предложено “условно дифференцировать на 5 уровней”, и “пятый уровень представляют основные математические пакеты MathCAD, Reduce и MatLab, ... Mathematica и Maple”. **Везде далее в изложении программные комплексы типа *Mathematica*, *Maple*, *MATLAB*, *Mathcad* и др. называются не пакетами, а системами, т.к. они содержат библиотеки и пакеты дополнений.**

Контролируемая самостоятельная работа

Прочитайте, обратите внимание в [1] и [5]:

▼ Системы компьютерной математики (СКМ). Общее и уникальное

▶ *MATLAB* - пакет прикладных программ ...

▶ Математический пакет *Mathcad* - программное средство ...

▼ Системы компьютерной алгебры (СКА). Общее и уникальное

▶ О классификации СКА

▶ Некоммерческие СКА ...

▶ СКА *Macsyma* ...

▼ Несколько типичных вопросов из комплектов компьютерных тестов

???? - система компьютерной алгебры, первая версия которой была разработана с 1968 по 1982 год в MIT в лаборатории Project MAC. Это была первая всеобъемлющая система символьной математики и одна из ранних систем, основанных на знаниях. **О какой СКА речь?**

???? – пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений и одноимённый язык программирования высокого уровня, одна из старейших, хорошо проработанных систем автоматизации математических расчетов, построенная на расширенном представлении и применении матричных операций. **О какой СКМ речь?**

Некоторые из математических возможностей ???? (версии до 13.1 включительно) основаны на подмножестве системы компьютерной алгебры *Maple*. Начиная с 14 версии ???? использует символьное ядро *MuPAD*. ???? часто используется в крупных инженерных проектах, где большое значение имеет трассируемость и соответствие стандартам. **О каком математическом пакете речь?**

Wolfram *Mathematica*. Примеры вычислений, визуализации

▼ Упражнения. Упростить записанные выражения

Аналитические преобразования, вычисления, работа с документами в *Mathematica* сводится к набору в секциях ввода выражений (например, математических) и их исполнению. Для получения результата достаточно, находясь в исполняемой секции, нажать одновременно клавиши **SHIFT** и **ENTER**. Другие способы выполнения секций обсуждаются подробно далее.

Для упрощения выражений в *Mathematica* применяется разные функции, простейшая из них – **Simplify**. Эта функция производит алгебраические преобразования указанного выражения (раскрытие скобок, разложение на множители и др.), в итоге возвращает его упрощённый вид. Дополнительным аргументом этой функции можно задать условия на переменные, входящие в упрощаемое выражение. Такими условиями могут служить уравнения, неравенства, указание типа переменной. Рассмотрим два примера (о выполнении секций отдельно на практике):

$$aExpr = \frac{1}{3(1+x)} - \frac{-1+2x}{6(1-x+x^2)} + \frac{2}{3\left(1+\frac{1}{3}(-1+2x)^2\right)};$$

$$\begin{aligned} bExpr = & x^{44} + 132 x^{43} y + 8514 x^{42} y^2 + 357588 x^{41} y^3 + \\ & 10995831 x^{40} y^4 + 263899944 x^{39} y^5 + 5146048908 x^{38} y^6 + \\ & 83807082216 x^{37} y^7 + 1162823265747 x^{36} y^8 + \\ & 13953879188964 x^{35} y^9 + 146515731484122 x^{34} y^{10} + \\ & 1358600419216404 x^{33} y^{11} + 11208453458535333 x^{32} y^{12} + \\ & 82770117847645536 x^{31} y^{13} + 549830068559359632 x^{30} y^{14} + \\ & 3298980411356157792 x^{29} y^{15} + \\ & 17938205986749107994 x^{28} y^{16} + \\ & 8863584134628971088 x^{27} y^{17} + 398861286058303695396 \\ & x^{26} y^{18} + 1637430542765667802152 x^{25} y^{19} + \\ & 6140364535371254258070 x^{24} y^{20} + \\ & 21052678406987157456240 x^{23} y^{21} + \\ & 66028855003732448385480 x^{22} y^{22} + \\ & 189474105662884417106160 x^{21} y^{23} + \\ & 497369527365071594903670 x^{20} y^{24} + \\ & 1193686865676171827768808 x^{19} y^{25} + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 2\,616\,928\,897\,828\,530\,545\,493\,156\,x^{18}y^{26} + \\
& 5\,233\,857\,795\,657\,061\,090\,986\,312\,x^{17}y^{27} + \\
& 9\,533\,098\,127\,803\,932\,701\,439\,354\,x^{16}y^{28} + \\
& 15\,778\,921\,039\,123\,750\,678\,244\,448\,x^{15}y^{29} + \\
& 23\,668\,381\,558\,685\,626\,017\,366\,672\,x^{14}y^{30} + \\
& 32\,066\,839\,531\,122\,461\,055\,787\,104\,x^{13}y^{31} + \\
& 39\,081\,460\,678\,555\,499\,411\,740\,533\,x^{12}y^{32} + \\
& 42\,634\,320\,740\,242\,362\,994\,626\,036\,x^{11}y^{33} + \\
& 41\,380\,370\,130\,235\,234\,671\,254\,682\,x^{10}y^{34} + \\
& 35\,468\,888\,683\,058\,772\,575\,361\,156\,x^9y^{35} + \\
& 26\,601\,666\,512\,294\,079\,431\,520\,867\,x^8y^{36} + \\
& 17\,255\,135\,035\,001\,565\,036\,662\,184\,x^7y^{37} + \\
& 9\,535\,732\,519\,342\,970\,151\,839\,628\,x^6y^{38} + \\
& 4\,401\,107\,316\,619\,832\,377\,772\,136\,x^5y^{39} + \\
& 1\,650\,415\,243\,732\,437\,141\,664\,551\,x^4y^{40} + \\
& 483\,048\,364\,019\,249\,895\,121\,332\,x^3y^{41} + \\
& 103\,510\,363\,718\,410\,691\,811\,714\,x^2y^{42} + \\
& 14\,443\,306\,565\,359\,631\,415\,588\,xy^{43} + \\
& 984\,770\,902\,183\,611\,232\,881\,y^{44} ;
\end{aligned}$$

Simplify[aExpr]

$$\frac{1}{1+x^3}$$

Simplify[bExpr]

$$(x+3y)^{44}$$

▼ Как манипулировать выражениями с динамической интерактивностью

С документами (программными приложениями), подготовленными в *Mathematica*, можно работать даже при отсутствии установленной системы, но тогда должен быть установлен бесплатный Wolfram CDF Player. Важно, что в программных модулях формата CDF сохраняется функциональность динамической интерактивности, все инструменты взаимодействия пользователя с приложением, запрограммированные в *Mathematica*. Приведём примеры и пояснения основных простейших инструментов интерактивности при выполнении аналитических преобразований и графической визуализации. Пояснения предметной части, программного кода не даются, они подробно изучаются отдельно.

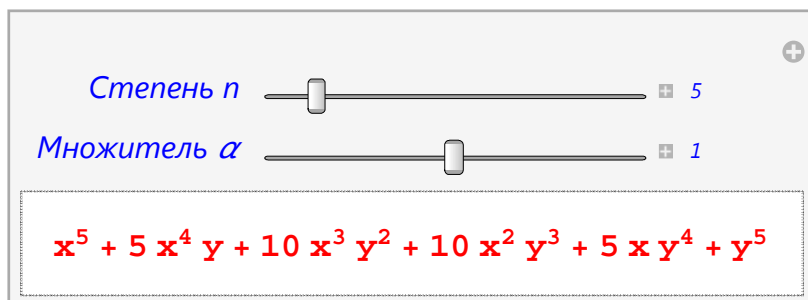
В рассматриваемых примерах манипулировать преобразованиями, вычислениями выражений можно, используя ползунки. Параметры анимации изменяются нажатием кнопок панели управления (открывается кликом по кнопке "+", чтобы скрыть, надо кликнуть "-"), действие каждой кнопки поясняется, если к ней подвести указатель.

В данной группе секций записаны варианты а) – j) программирования кода, обеспечивающие разное оформление получаемых результатов:

вариант i) Вывод текущего значения параметра за ползунком

(* i) Вывод текущего значения параметра за ползунком *)

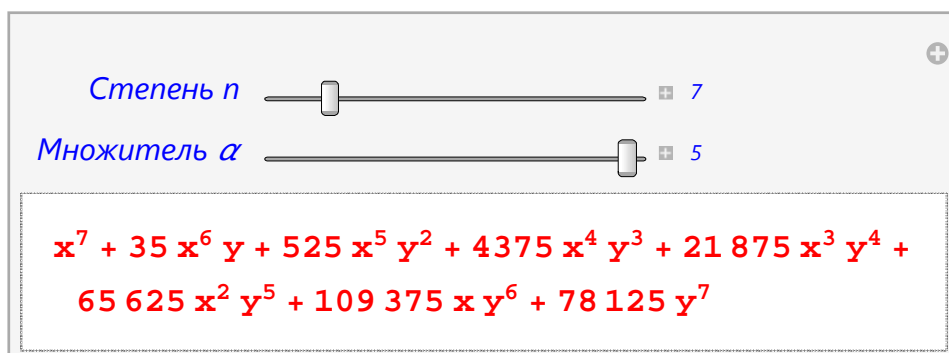
```
Manipulate[Expand[(x + α y)^n],
  {{n, 5, "Степень n"}, 0, 50, 1, Appearance → "Labeled"},
  {{α, 1, "Множитель α"}, -3, 5, 1, Appearance → "Labeled"},
  BaseStyle → {Red, Bold, 18},
  LabelStyle → Directive[Blue, Plain, Italic, 16]]
```



вариант j) Предыдущий, но другие начальные значения

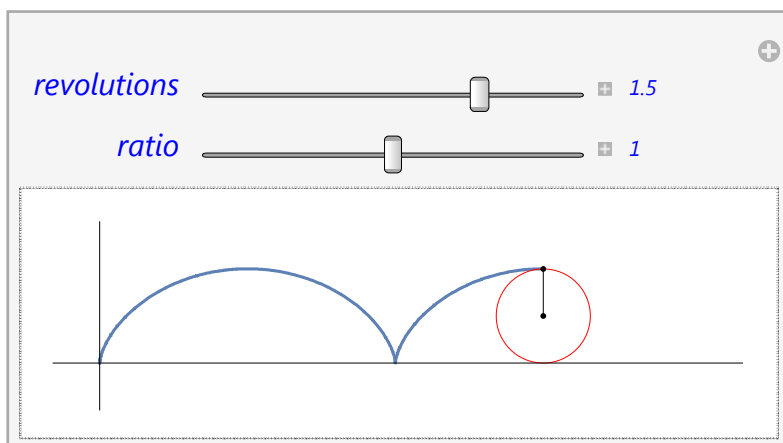
(* j) Предыдущий, но другие начальные значения *)

```
Manipulate[Expand[(x + α y)^n],
  {{n, 15, "Степень n"}, 0, 50, 1, Appearance → "Labeled"},
  {{α, 5, "Множитель α"}, -3, 5, 1, Appearance → "Labeled"},
  BaseStyle → {Red, Bold, 18},
  LabelStyle → Directive[Blue, Plain, Italic, 16]]
```

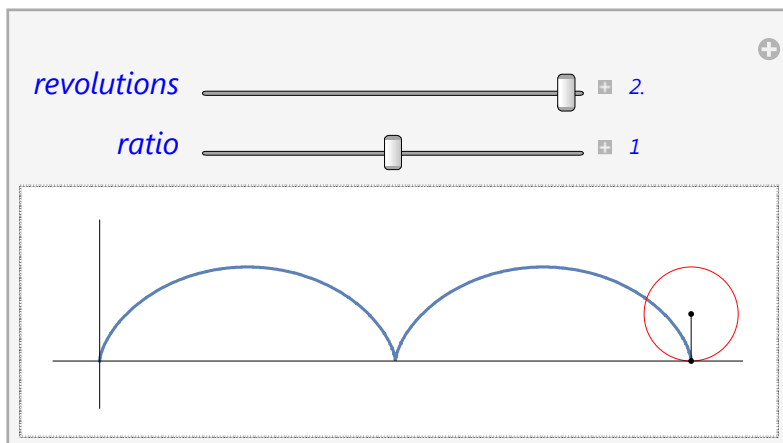


▼ Примеры интерактивности в 1D графике

```
Manipulate[With[{t = 2 Pi r}, Show[{
  ParametricPlot[#[s], {s, 10^-9, t},
    AxesOrigin -> {0, 0}, Ticks -> None,
    PlotRange -> {{-1, 4 Pi + 1.1}, {-1.01, 3.01}},
    ImageSize -> 360],
  Graphics[{Red, Circle[{t, 1}], Black, Point[{t, 1}],
    Line[{t, 1}, #[t]], Point[#[t]]}] &[
    {(# - ratio Sin[#]), (1 - ratio Cos[#])} &]],
  {{r, 1.5, "revolutions"}, 0, 2, 0.05,
    Appearance -> "Labeled"},
  {{ratio, 1, "ratio"}, 0, 2, 0.05,
    Appearance -> "Labeled"},
  LabelStyle -> Directive[Blue, Plain, Italic, 16]]
```

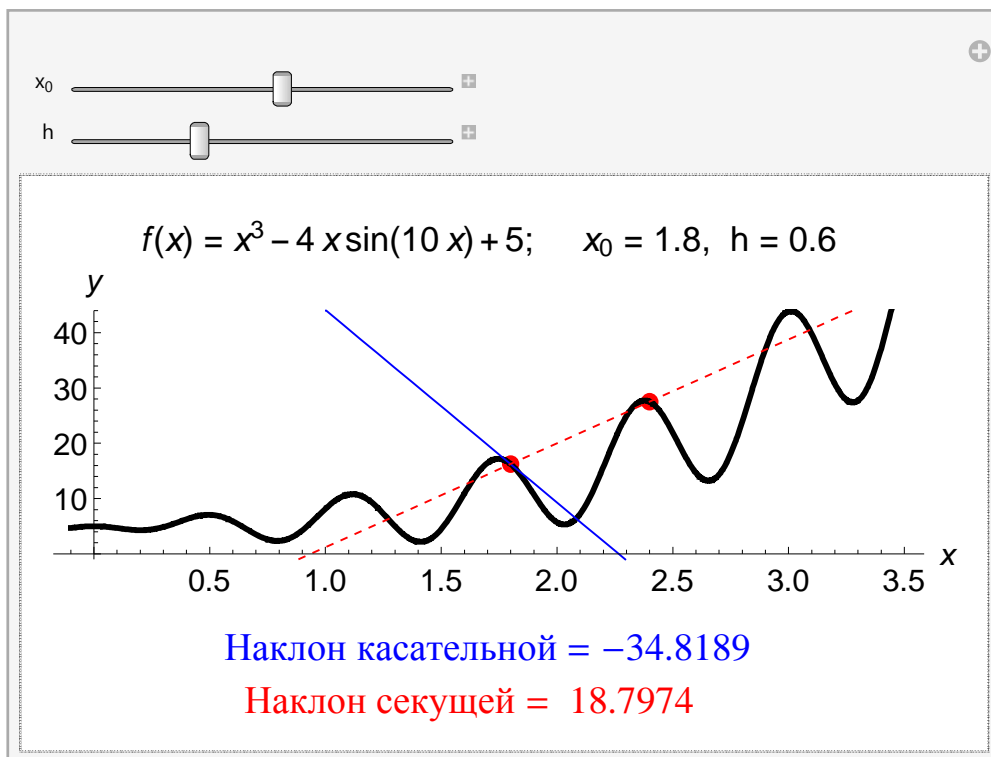


... {{r, 2.0, "revolutions"}, 0, 2, 0.05, ...

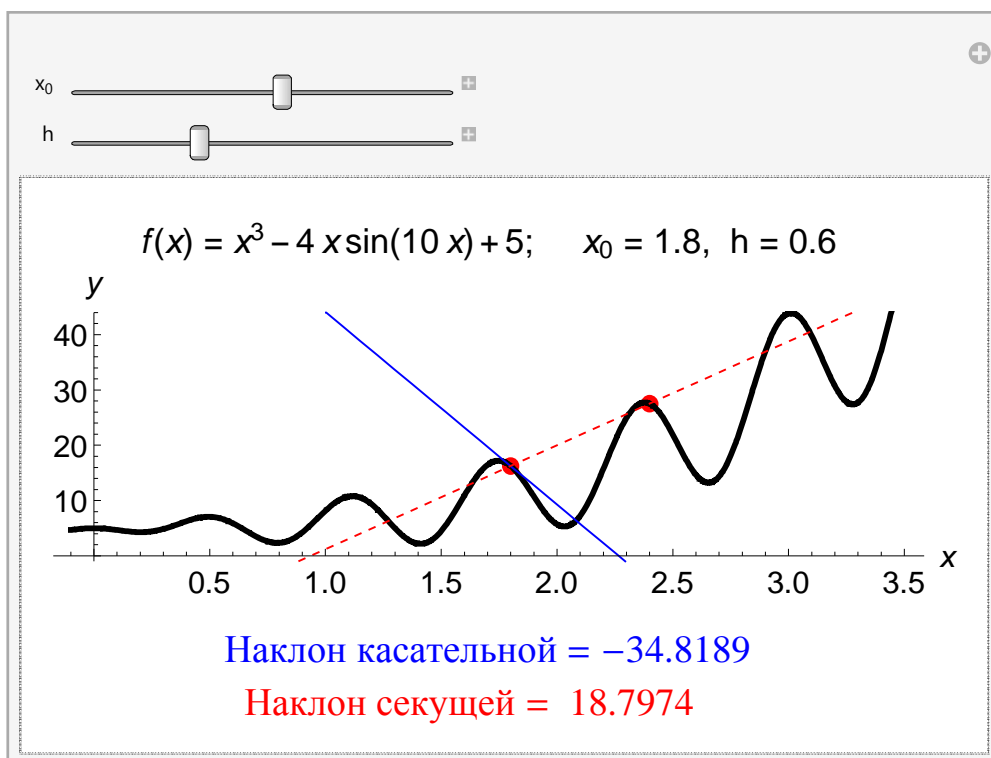


Примерами, получаемыми при выполнении функций следующей секции, иллюстрируются возможности, как, используя ползунки на панели манипулятора, можно менять параметры анимации: значения абсциссы контрольной точки (x_0), приращение h абсциссы второй точки (секущей). Изменение значения x_0 (h фиксируется) обеспечивает перемещение контрольной точки и второй точки секущей на кривой, положений линий касательной и секущей. При изменении h перерисовываются секущая и её вторая точка (на кривой). Отдельно следует отметить, что в приведенном примере показаны связанные между собой элементы-индикаторы – точки движутся по кривой графика, т.е. каждая точка “привязана” к кривой.

```
Manipulate[If[h == 0, h = .001];
Grid[{{Plot[{f[x],
  f[a] + (D[f[t], t] /. t -> a) * (x - a),
  f[a] + ((f[a + h] - f[a]) / h) * (x - a)},
{x, xmin, xmax},
BaseStyle -> 16, AspectRatio -> 2 / 7,
PlotStyle -> {{AbsoluteThickness[3], Black},
  {AbsoluteThickness[1], Blue},
  {AbsoluteThickness[1], Red, Dashed}},
PlotRange -> {-1, 44}, ImageSize -> {470, 210},
PlotLabel -> Style[Row[{Style["f(x)", Italic], " = ",
  ToString[x^3 - 4 x Sin[10 x] + 5, TraditionalForm],
  ";      x0 = ", a, ",      h = ", h}], 18], AxesLabel ->
{Style["x", 16, Italic], Style["y", 16, Italic]},
Prolog -> {{PointSize[.02], Blue, Red, Point[{a, f[a]}]},
  {PointSize[.02], Red, Point[{a + h, f[a + h]}]}]},
{Row[{Style[Text["Наклон касательной = " <>
  ToString[D[f[t], t] /. t -> a]], Blue, 20],
  Style[Text["Наклон секущей = " <> ToString[
    (f[a + h] - f[a]) / h]], Red, 20]}], "      "]}],
{{a, astart, "x0"}, amin, amax, 0.1},
{{h, hstart, "h"}, hmin, hmax, 0.1},
Initialization -> (f[x_] = x^3 - 4 x Sin[10 x] + 5;
(* define a function of x here *)
xmin = -0.1; xmax = 3.51;
amin = 0; amax = 3.2; astart = 0.50;
hmin = -0.5; hmax = 2.9; hstart = 0.6; )]
```



... astart = 1.8; ...



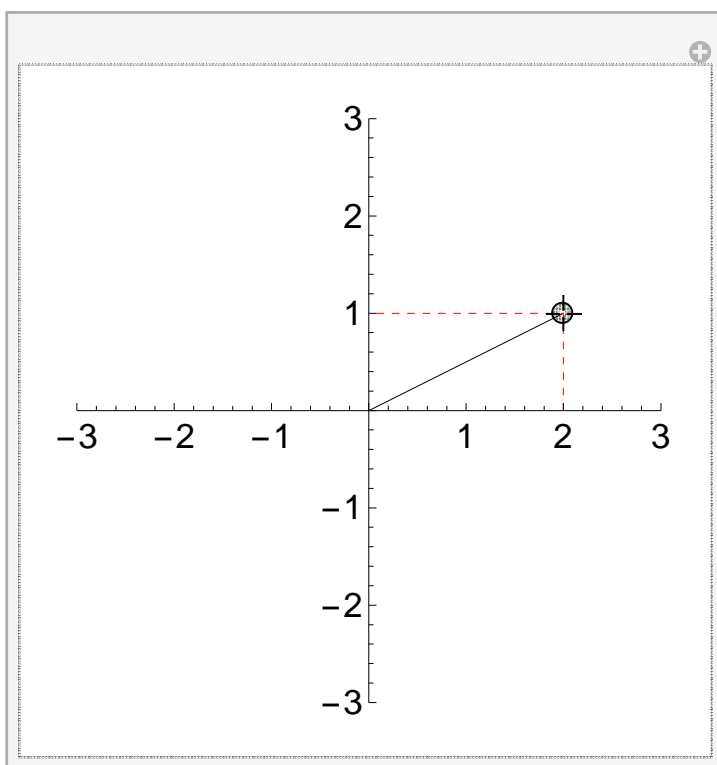
Замечание. В программной реализации ключевой является часть кода `Plot[{f[x], f[a] + (D[f[t], t] /. t -> a) * (x - a), f[a] + ((f[a + h] - f[a]) / h) * (x - a)}, {x, xmin, xmax}]...` Функция одномерной графики **Plot** применяется для формирования и вывода графиков функции $f[x]$, касательной

$f[a] + (D[f[t], t]/t \rightarrow a)$ и секущей $f[a] + ((f[a+h] - f[a])/h) \cdot (x - a)$. Конструкция $D[f[t], t]/t \rightarrow a$ – производная функции f по переменной t с подстановкой $t \rightarrow a$, то есть производная в точке. Опции и директивы задания вида, толщин и цветов линий: `PlotStyle`, `AbsoluteThickness`, `Black`, `Blue`, `Red`, `Dashed`. Конструкция кода для вывода подписей и значений наклона линий, например, для касательной `Text[“Наклон касательной = “ <> ToString[D[f[t], t]/t → a]]`.

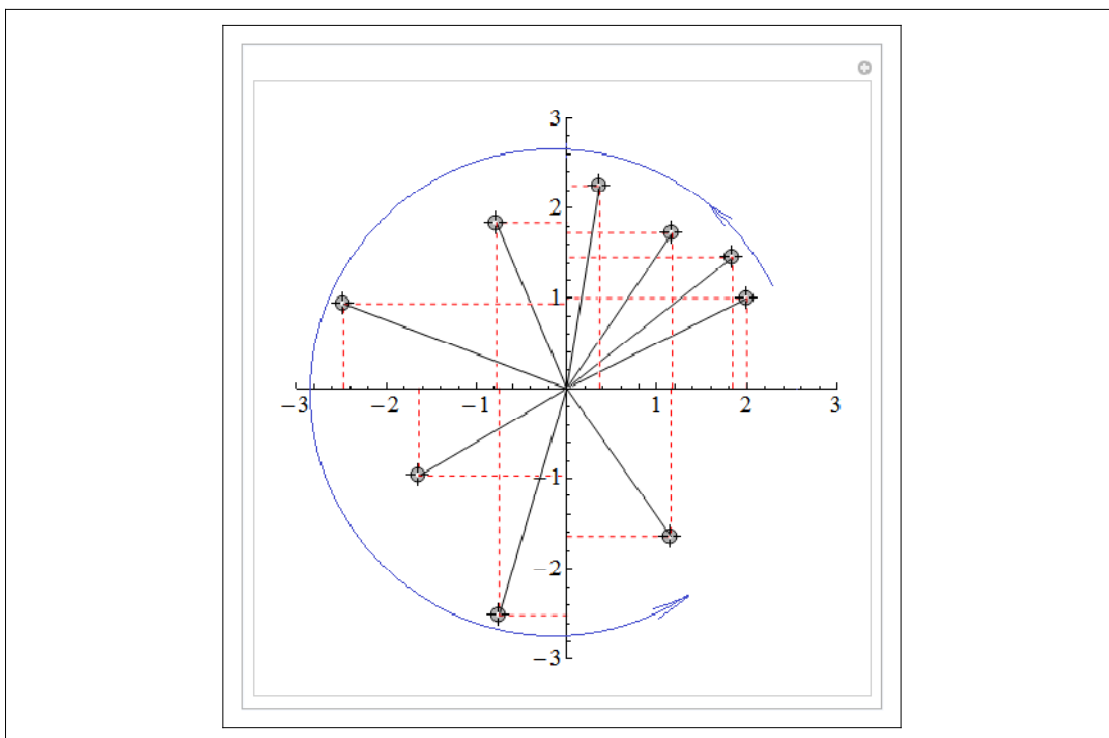
▼ Динамические элементы “локаторы”

В следующем примере простейший локатор – маркер на конце отрезка, начальное положение – $\{2, 1\}$, окно – $\{-3, -3\}, \{3, 3\}$. Дополнительно: красные пунктирные линии – перпендикуляры на оси. Подводя указатель, после нажатия левой кнопки мыши, локатор можно перемещать, соответственно перерисовывается отрезок.

```
Manipulate[Graphics[{Line[{{0, 0}, points[[1]]}],
  Dashed, Red, Line[{{points[[1, 1]], 0}, points[[1]],
    {0, points[[1, 2]]}}]}, BaseStyle → 18,
  Axes → True, PlotRange → 3, ImageSize → 320],
  {{points, {{2, 1}}}, {-3, -3}, {3, 3}, Locator}]
```



Несколько последовательных положений показаны на рисунке ниже, подготовленном по серии слайдов в графическом редакторе

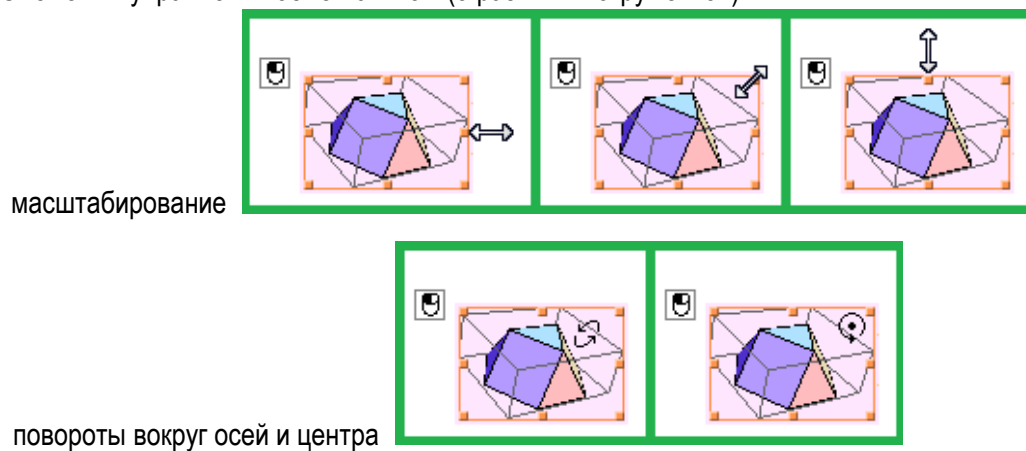


▼ Элементы управления при работе с 3D графикой

3D графика. Демонстрации элементов управления.

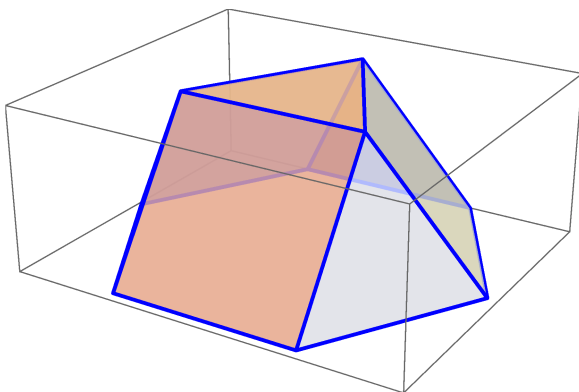
Одной из наиболее сильных сторон графики в *Mathematica* является ее интерактивность, высокая скорость формирования и вывода графики, что особенно важно при визуализации 3D графиков. Вращение, масштабирование, перемещение 3D объектов обеспечивают более ясное визуальное представление; такие действия позволяют рассматривать объекты под любым углом зрения и демонстрировать их в наилучшем ракурсе (подробно в материалах лекции 3).

Элементы управления объектами 3D (5 разных инструментов):



Для демонстрации ниже подготовлен пример *TriangularCupola*


```
Graphics3D[{EdgeForm[{Thick, Blue}],
  FaceForm[Opacity[0.8]], PolyhedronData[
    "TriangularCupola", "Faces"]}, ImageSize -> 300,
  ViewPoint -> {-2.6, -1.6, 1.3}]
```



Лабораторный практикум

▼ Приёмы ввода выражений в математической нотации, вычисления

Используя **WOLFRAM Mathematica ВИРТУАЛЬНЫЙ УЧЕБНИК**, освоить простейшие приёмы ввода выражений в математической нотации и выполнить аналитические вычисления перечисленных ниже формул.

Приёмы ввода освоить, руководствуясь рекомендациями:

Работа с интерфейсом “блокнота” ► “Блокнот” как документ.

Работа с интерфейсом “блокнота” ► Ввод данных в “блокноты”.

Выполнить примеры с вводом, как с клавиатуры, так и с использованием панелей инструментов (палитр), математических символов и двумерных обозначений: ввод выражений, переходы между частями выражений, выделение и удаление в выражениях, ввод дробей, ввод степеней, ввод квадратного корня, ввод корней n -й степени, ввод векторов, ввод матриц, ввод верхнего индекса, ввод нижнего индекса, ввод надтекстовых символов, ввод подтекстовых символов.

▼ Упражнения, примеры аналитических вычислений

Выполнить, получить записанные ответы:

Вычислить, убедиться, что сумма

$$1 * 2 * 3 + 2 * 3 * 4 + \dots + n * (n + 1) * (n + 2) = \\ = \frac{1}{4} n (1 + n) (2 + n) (3 + n)$$

Посчитать определитель (Det), транспонировать матрицу (Transpose)

Посчитать предел, например убедиться, что $\lim_{x \rightarrow 0} (1 + x)^{\frac{1}{x}} = e$

Найти сумму ряда, например проверить, что

$$1 + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \dots + \frac{1}{k^2} + \dots = \frac{\pi^2}{6}$$

Посчитать производную, например, получить результат

$$(\sin[x] e^{2x^4-5})' = e^{-5+2x^4} (\cos[x] + 8x^3 \sin[x])$$

Вычислить интегралы, получить приведенные ответы

$$\int \frac{dx}{x(a x+b)} = \frac{1}{b} \ln\left[\frac{x}{a x+b}\right]$$

Контролируемая самостоятельная работа. Изучить

- ▶ Установка и запуск системы *Mathematica*
- ▶ *Mathematica* может использоваться для ...
- ▶ *Mathematica* может вычислять и визуализировать ...

Рекомендуемая литература

1. Таранчук, В. Б. Основные функции систем компьютерной алгебры : пособие для студентов фак. прикладной математики и информатики / В. Б. Таранчук. – Минск : БГУ, 2013. – 59 с.
2. Дьяконов, В. П. Энциклопедия компьютерной алгебры / В. П. Дьяконов. – М. : ДМК-Пресс, 2009. – 1264 с.
3. Аладьев, В. З. Введение в среду пакета Mathematica 2.2 / В. З. Аладьев, М. Л. Шишаков. – М. : Информационно-издательский дом “Филинь”, 1997. – 368 с.
4. Аладьев, В. З. Модульное программирование: Maple vs Mathematica, and vice versa / В. З. Аладьев , В. А. Ваганов. – CA: Palo Alto, Fultus Corp., 2011. – 417 с.
5. List of computer algebra systems [Электронный ресурс]. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_computer_algebra_systems.
6. How do I install the Wolfram System on Windows? [Электронный ресурс]. URL: <http://support.wolfram.com/kb/12440>.
7. Mathematica for Teaching and Education [Электронный ресурс]. URL: <http://www.wolfram.com/training/courses/edu001.html>.



Основы работы с блокнотами *Mathematica*

Таранчук Валерий Борисович

БГУ,

факультет прикладной математики и информатики

Учебные материалы, инструкции и рекомендации пользователям системы компьютерной алгебры *Mathematica*, обучающие примеры и упражнения (оригинал документа создан и предоставляется студентам в формате NB, электронная версия конспекта размещена на сайте www.cas.fpmi.bsu.by)

► Содержание лекции и занятия 1

Уважаемые читатели. В сгруппированной секции выше (и везде далее в подобных) при работе с оригинальным блокнотом, раскрывая группу секций, вы получаете дополнительные материалы для самостоятельного изучения.

▼ Содержание лекции и занятия 2, учебные материалы

- ✓ Wolfram *Mathematica*. Основные возможности
- ✓ *Mathematica*. Интерфейс
- ✓ *Mathematica*. Правила работы со справочной системой
- ✓ Лабораторный практикум
- ✓ Контролируемая самостоятельная работа. Задача А

Wolfram *Mathematica*. Общие сведения о системе. Интерфейс

▼ Wolfram *Mathematica*. Основные возможности

Перечисление полного перечня возможностей системы потребовало бы в несколько раз большего объема, чем разрешенный для данного учебного пособия. Например, руководство [1] имеет объем содержательной части более 600 страниц, но фактически в нём изложены только основные функции СКА. Первоначально вышедшая в 1988 г. и в 5-м издании актуализированная по версии *Mathematica 5* книга “The Mathematica Book by Stephen Wolfram”, Fifth Edition, 2003 года издания имеет объем 1488 страниц.

Интересующимся, в дополнение к изложению ниже, можно рекомендовать [1 – 5]. Отметим основные возможности *Mathematica*:

Аналитические преобразования, символьные вычисления

- упрощение, раскрытие и расширение выражений;
- нахождение конечных и бесконечных сумм и произведений;
- интегрирование и дифференцирование функций;
- нахождение пределов;

- решение трансцендентных уравнений и неравенств;
- решение систем полиномиальных и тригонометрических уравнений;
- решение рекуррентных уравнений;
- разложение функций в степенные ряды, операции с рядами;
- работа с векторами и матрицами, разреженными массивами;
- поддержка векторного анализа, включая векторное исчисление;
- решение дифференциальных и уравнений в частных производных;
- поиск экстремумов;
- функции полиномиальной интерполяции и аппроксимации;
- преобразования Лапласа, Фурье;
- функции косинусного, синусного, z-преобразований;
- вейвлет-анализ;
- функции вычислительной геометрии;
- функции геометрических расчетов для регулярных полигонов.

Важно отметить, что в интерфейсе *Mathematica* при вводе реализовано интеллектуальное автоматическое завершение набора и подсветка для функций, опций и других элементов, причём это интегрировано с системой документации. В последних выпусках системы введена свободная форма языкового ввода – совершенно новый способ выполнения аналитических преобразований, вычислений. Пользователь может ввести фразу на английском языке, и сразу получает результат – знание синтаксиса не обязательно. Как только закончены вычисления, система выводит оптимизированные предложения о том, что можно сделать далее – нажать кнопку, чтобы вычислить новую функцию или вызвать диалоговое окно для дальнейшей работы. Такой подход к организации взаимодействия между пользователем и *Mathematica* позволяет легко ориентироваться и исследовать функциональные возможности системы.

Примеры рассматриваются в задании практикума.

Численные расчёты

- △ вычисление значений функций, в том числе специальных, с любой задаваемой точностью;
- △ вычисление сумм и произведений (в том числе бесконечных);
- △ решение систем уравнений;
- △ вычисление пределов; интегрирование и дифференцирование, в том числе и табличное;
- △ расчёт решений дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных;
- △ полиномиальная интерполяция функции от произвольного числа аргументов по набору известных значений;
- △ дискретные преобразования Фурье и Лапласа, Z-преобразование.

Статистическая обработка данных и массивов

- ▽ функции манипулирования данными;
- ▽ символьные и численные вычисления вероятностей и условных вероятностей событий, заданных в форме логических комбинаций равенств и неравенств;
- ▽ символьные и численные вычисления ожиданий и условных ожиданий выражений;
- ▽ функции вычисления доверительных интервалов;
- ▽ функции оценивания параметров и вычисления статистических критериев соответствия для встроенных параметрических распределений и конструкторов комбинированных распределений, с использованием автоматически выбранных или явно указанных алгоритмов;
- ▽ генерирование выборки из произвольного распределения, автоматизированное оценивание параметров и проверка согласованности данных с распределениями;
- ▽ функции множественных распределений;
- ▽ поддержка функций распределений (плотность вероятностей, кумулятивная функция распределения, функция надёжности, обратная кумулятивная функция и обратная функция надёжности);
- ▽ поддержка основных типов моментов (степенные моменты, центральные моменты, полуинварианты, факториальные моменты), всех производящих функций, связанных с моментами; вычисление стандартных и несмещённых точечных оценок моментов;
- ▽ функции оценки распределений по данным, вычисления статистических критериев соответствия;
- ▽ определение и использование новых распределений, построенных из данных, формул или уже существующих распределений, в том числе поддержка копул, смесей, порядковой статистики, усечения и замены переменных;
- ▽ функции непрерывного распределения вероятностей;
- ▽ функции дискретного распределения вероятностей;
- ▽ функции дисперсионного анализа;
- ▽ функции для реализации линейной и нелинейной регрессии;
- ▽ сглаживание данных.

В *Mathematica* 9 добавлены многочисленные расширения и улучшения в ранее реализованные очень широкие функциональные возможности по теории вероятностей и статистике. Среди них дополнительные параметрические распределения, более быстрые

непараметрические распределения, дополнительные и обобщённые вторичные и формульные распределения. Также добавлен новый тип описательной статистики для измерения зависимости между компонентами векторных данных наряду с соответствующими функциями проверки статистических гипотез. Возможность сочетания веса с точками данных позволяет большинству информационно-ориентированных функций находить взвешенные оценки. Среди них: функции описательной статистики, непараметрические и параметрические оценки статистических распределений.

Примеры рассматриваются в задании практикума.

Графическая визуализация

- построение кривых, иллюстрирующих поведение одной или нескольких функций одной переменной, заданных аналитическими выражениями или по точкам в декартовых, полярных координатах; функций, заданных в параметрической форме;
- построение кривых, иллюстрирующих поведение функций с логарифмическими и полулогарифмическими масштабами;
- построение столбиковых, секторных, финансовых диаграмм;
- представление данных, аппроксимация сплайнами, поддержка сплайнов, включая неоднородный рациональный B-сплайн;
- разные способы отображения на плоскости трёхмерных поверхностей, задаваемых аналитически явными, неявными выражениями, в параметрической форме, а также наборами значений высот поверхности на равномерной сетке и рассеянном множестве точек (изолинии, карты плотности, аксонометрические графики визуализации 3D фигур на основе каркасного представления);
- разные способы оформления изображений трёхмерных поверхностей, в том числе с функциональной закраской, текстурным отображением изображений на трёхмерных поверхностях;
- построение графиков векторных полей, линий тока, линий тока с фоном плотности функции; графиков вихря, градиента, Лапласиана векторного поля;
- построение проекций графиков поверхностей;
- построение пространственных фигур стереометрии, полиэдров;
- построение реалистических графиков рельефа;
- формирование трёхмерных графических объектов, получаемых вращением кривых относительно некоторой оси;
- графы и сети полностью интегрированы в систему, включая построение графов, масштабируемые структуры данных, эстетическое оформление, широкие возможности для моделирования и анализа;
- построение графиков в основных картографических системах;

- возможности импорта рисунков и редактирования получаемых изображений инструментами встроенного редактора графики.

Повышение наглядности графиков, особенно имеющих несколько кривых или поверхностей, обеспечивается возможностями задания уровней прозрачности, выводом обозначений кривых, легенды, дополнением иллюстраций графическими примитивами. Все объекты формируемой графики при подключении соответствующей функции могут перемещаться, деформироваться в режиме реального времени.

Цифровая обработка звуковых сигналов и изображений

- генерация типовых сигналов разной формы, частоты и длительности;
- модуляция сигналов по амплитуде и по частоте;
- создание звукового объекта с задаваемыми основной частотой гармоник и длительностью, содержащего дополнительные частоты с задаваемыми кратностями и амплитудами;
- приём цифровых аудио файлов;
- импорт, визуализация и экспорт изображений в разных форматах;
- вычисление площадей отдельных участков изображений;
- сегментация;
- функции нахождения контуров, распознавания лиц;
- точечные, геометрические и морфологические операции, в том числе с 3D изображениями;
- цифровая фильтрация изображений;
- обработка HDR изображений и химическая спектроскопия;
- алгоритмы для захвата изображений в режиме реального времени, выделения признаков и прочего;
- вейвлет-анализ (задание вейвлетов и техника их визуализации, коллекция семейств вейвлетов, непрерывные и дискретные вейвлет преобразования);
- обработка и фильтрация сигналов и изображений, приближение функций вейвлетами, компрессия и декомпрессия сигналов и изображений с помощью вейвлетов.

Целостная среда и интерактивный рабочий процесс индустриального стандарта для обработки и анализа изображений. В числе поддерживаемых форматов файлов наиболее распространенные форматы графических файлов: GIF, JPEG, TIFF, PNG, SVG, PDF, DICOM и др.

В частности, в *Mathematica 9* добавлены обработка и анализ сигналов нового поколения, полностью интегрированные с обширной поддержкой алгебраических операций, непрерывного и дискретного исчисления. Среди новых возможностей – функции по расчёту аналоговых и цифровых фильтров, функции обработки сигналов, которые можно использовать с аудио, изображениями и другими данными, а также новые функции визуализации и дискретные преобразования.

Примеры рассматриваются в задании практикума.

Работа с календарём и географическими объектами

- вычисление дня недели по заданному году, месяцу и числу с возможностью задания типа календаря (григорианский или юлианский);
- преобразование заданной даты из одного календаря в другой;
- вычисление числа суток между двумя датами;
- функции манипулирования, интеграции геодезических и геоинформационных данных;
- вычисление расстояния между двумя указанными городами;
- вычисление с учетом выпуклости Земли расстояния между двумя указанными точками;
- построение в различных проекциях (азимутальной, цилиндрической) карты любой страны или всего мира.

Интегрируемость с внешними приложениями

Wolfram LibraryLink даёт эффективный способ для подключения внешнего кода в *Mathematica*, обеспечивая высокую скорость и рациональное распределение памяти. LibraryLink обеспечивает прямую загрузку динамических библиотек с непосредственным обращением к ядру, возможностью вызывать функции системы в библиотеках, обмениваться любыми данными (целые, вещественные, массивы, строки, произвольные выражения).

Mathematica включает несколько программных средств для поддержки взаимодействия системы с внешними приложениями. Основные: MathLink, .NET/Link, J/Link.

Специальный протокол системы MathLink служит для соединения *Mathematica* с другими приложениями. Основными функциями MathLink являются управление внешними программами из системы, передача данных в обоих направлениях и обмен данными между параллельными процессами в самой СКА.

.NET/Link является средством соединения *Mathematica* с технологической платформой Microsoft .NET, заменяющей предшествовавшие ей технологии MFC, COM, ASP и другие.

J/Link обеспечивает соединение *Mathematica* с Java-приложениями, позволяет вызывать программы на Java из системы, обращаться к ядру из внешних приложений на Java. Используя J/Link, можно загружать произвольные Java-классы в СКА, создавать Java-объекты, вызывать их методы и получать доступ к их полям из программной среды системы. Фактически J/Link и .NET/Link можно рассматривать как определенные расширения универсального протокола MathLink, имеющие некоторые специфические особенности.

Также в *Mathematica* реализованы поддержка GPU и OpenCL программирования при помощи встроенных пакетов CUDALink,

OpenCLLink. Они обеспечивают аппаратное ускорение обработки линейной алгебры на GPU, реализацию дискретных преобразований Фурье и алгоритмов обработки изображений. Можно подгрузить пользовательские CUDA и OpenCL программы в систему, и наоборот написать свои собственные модули, причём CUDALink и OpenCL обеспечивают доступ к инструментам создания интерфейса в СКА, возможностям импорта/экспорта, визуализации, доступ к базам данных.

Интегрируемость с базами данных:

В *Mathematica* для работы с базами данных используется DatabaseLink, который представляет собой набор встроенных инструментов, обеспечивает готовые решения для интеграции с любыми стандартными базами данных SQL; поддерживает использование запросов на языке SQL. Функции DatabaseLink обеспечивают открытие и закрытие соединений с базами данных (в том числе с несколькими БД одновременно, постоянное подключение или по запросу), получение сведений о схеме базы данных; поиск, вставку и удаление данных, создание новых SQL-совместимых таблиц, модификацию существующих файлов БД или создание в системе новых. Подключение работает с большинством стандартных приложений баз данных SQL – локальных и сетевых, включая различные типы компьютеров. Поставляются драйвера встроенной поддержки для основных БД – MySQL, PostgreSQL, Open Database Connectivity (ODBC), HSQLDB. Отдельно разработанный небольшой по размеру быстрый движок для HSQLDB, написан на Java, интегрирован с DatabaseLink, содержит драйверы JDBC и настройки необходимой конфигурации. В среде DatabaseLink можно устанавливать одну или несколько ссылок между *Mathematica* и одним или более источниками данных.

Встроенная поддержка параллельных вычислений

Благодаря встроенным функциям, *Mathematica* при применении пользователем соответствующих функций к собственному вычислительному коду, автоматически распределяет задачи по имеющимся процессорам, оптимизируя доступное оборудование (на многоядерных системах или локальных сетях). В системе поддерживаются все известные концепции параллельных вычислений, такие как виртуально совместно используемая или распределенная память, автоматическое или явное распределение и параллелизм, включая синхронизацию, блокирование. Распараллеливание действует в любой компьютерной сети, работающей под управлением Unix, Linux, Windows, Mac OS X, и требует только лишь протокол связи TCP/IP между машинами. Функции распараллеливания эффективны в математических расчетах и в реализации сложной графики, включают машинно-независимое выполнение и параллельное программирование, а также восстановление после отказа и автоматическое перенаправление

взаимосвязанных процессов в случае системной ошибки. Причём *Mathematica*, уже начиная с версии 4.0, реализует специальную технологию упакованных массивов, в её рамках были созданы специальные математические библиотеки, оптимизированные для каждого основного типа микропроцессора (Intel, AMD, IBM). Применение позволило существенно повысить скорость вычисления большинства встроенных в ядро функций.

Интерфейсная часть СКА реализована как самостоятельный процесс, отделённый от процессов ее вычислительного ядра. Это обеспечивает пользователя возможностями управления вычислениями и тогда, когда многоядерный процессор находится под предельной нагрузкой. Даже при использовании процессора с двумя ядрами система обеспечивает работу на разных ядрах интерфейсного модуля и вычислительного ядра. В итоге время обработки, традиционно значительное для прежних версий *Mathematica*, начиная с версии 5.2, сокращено более чем в 100 раз.

Работа с файлами документов

С момента своего появления *Mathematica* зарекомендовала себя не только как универсальная мощная система для символических и численных расчетов, но и как система, обладающая разнообразными средствами подготовки технической документации. Система имеет множество инструментов для обработки текста, включает различные шаблоны стилей, обеспечивает предварительный просмотр версии для печати, управление библиографической информацией, поддержку примечаний; можно записывать и считывать файлы, представленные в форматах PDF, TEX, HTML, XML. Вместе с XML может использоваться формат стандарта MathML, который используется для передачи через Интернет математической информации со сложными формулами.

Создание и развертывание CDF документов

Предложенный компанией Wolfram Research электронный формат вычисляемых документов (Computable Document Format или CDF) предусматривает использование печатной вёрстки и технических обозначений системы *Mathematica*, поддерживаются компоновки документа с разбивкой на страницы, со структурной детализацией и режим слайд-шоу.

Стилистическое оформление документа можно контролировать с использованием каскадных таблиц стилей. В формате CDF с помощью СКА обеспечено создание интерактивных книг, отчётов и приложений, свободное распространение их в виде веб-страниц или настольных приложений. CDF файлы можно просматривать с помощью бесплатной программы CDF Player, размещённой на сайте компании Wolfram.

Дополнительно - в [6] и задании практикума.

▼ Mathematica. Интерфейс

Интерфейс пользователя системы

Открыть оригинальные тексты и иллюстрации пояснений возможностей и приёмов работы, интерфейса можно по следующим спискам ссылок: разделы меню - MenuItems, интерфейсная оболочка - FrontEndTokens.

Предсказательный интерфейс

Mathematica содержит широкое множество встроенных функций, которые основаны на схожем синтаксисе. Работа с функциями была в значительной мере упрощена после введения предсказательного интерфейса (WolframPredictiveInterface), линейки предложений о следующих вычислениях (UseTheSuggestionsBar).

Контекстное автозавершение и динамическое яркостное выделение, являясь частью модуля помощи ввода, помогают находить и набирать команды, а линейка предложений о следующих вычислениях предлагает вниманию пользователя предложения о возможных следующих шагах. Это является очередным шагом в реализации бессрочной программы Compute-as-You-Think (вычисляйте так, как думаете), которая открылась с реализацией свободной формы языкового ввода.

Линейка предложений о следующих вычислениях

В системе в дополнение к шаблонам функций реализован эвристический метод автозавершения (UsingTheInputAssistant). В *Mathematica* автозавершение набора включено по умолчанию. Линейка предложений о следующих вычислениях (Suggestions Bar) является новым подходом к интерфейсу пользователя, который позволяет ему ориентироваться в возможностях программирования и находить новые для себя функции системы *Mathematica*. После завершения выполнения команды вниманию пользователя предоставляются оптимизированные предложения о возможных следующих шагах. Осуществить выполнение функции системы или вызов интерактивного консультанта можно нажатием кнопки.

Использование дополнительных предложений из всего широкого множества функций системы *Mathematica* очень полезно для обнаружения новых возможностей. Начинающие пользователи могут узнавать о возможностях системы, о том, как их использовать. Опытные пользователи найдут удобным наличие под рукой многих распространённых функций, а также смогут узнать о новых сходных функциях.

Многие предложения обладают динамическими элементами управления, позволяя задать нужные значения и увидеть результаты, прежде чем вы остановите свой выбор на одном из них. Линейка

предложений открывается и закрывается одним щелчком мыши.

Примеры показаны на рисунке 2.1.

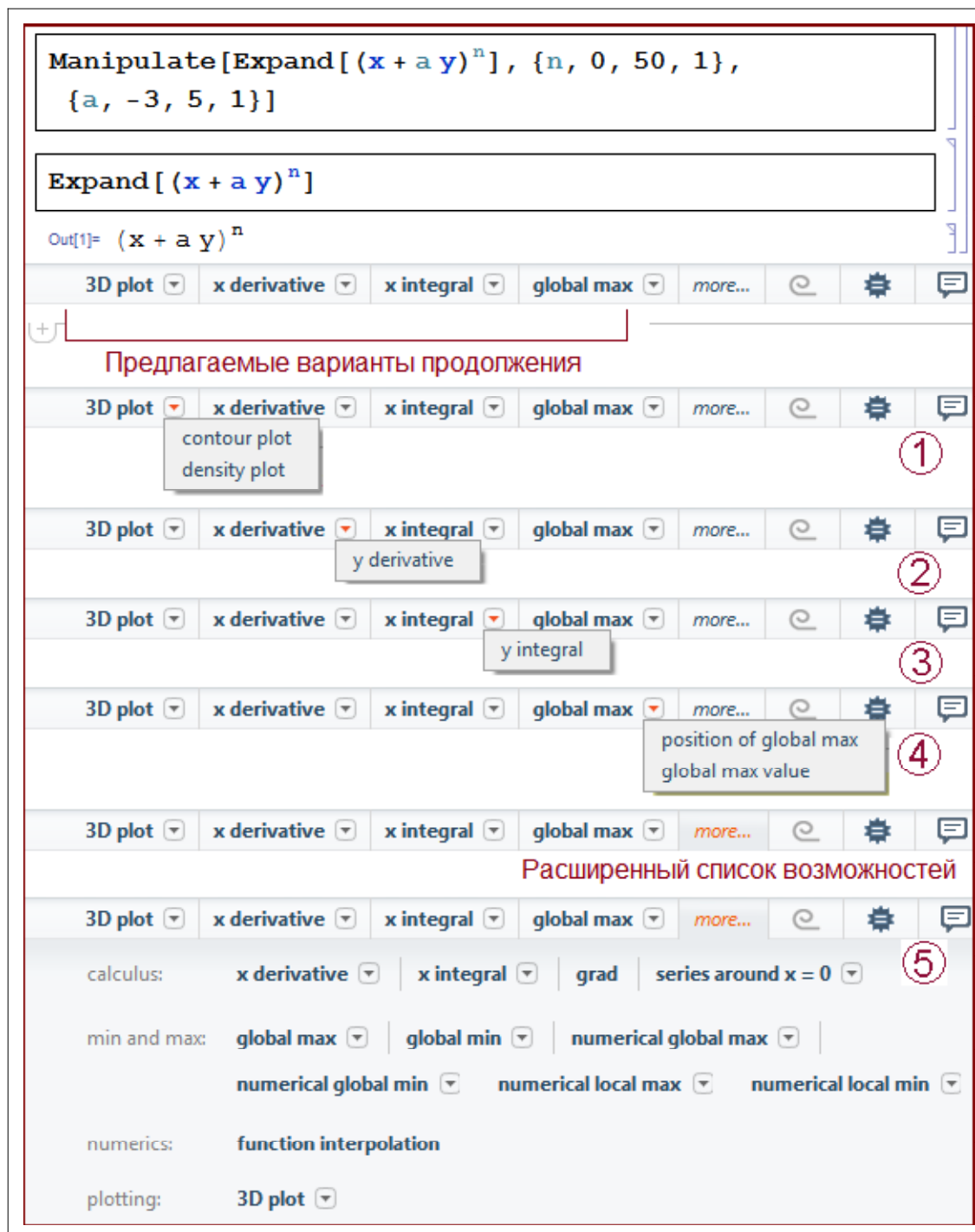


Рис. 2.1. Фрагменты скриншотов линейки предложений

Разумное автозавершение и яркостное выделение для функций, опций и других элементов системы *Mathematica*, интегрированное с документацией системы – управление режимом работы можно осуществлять из меню или, используя кнопки, приведенные в следующей

секции. Предложения можно включать и отключать, а также конфигурировать временную задержку их появления.

Контекстный модуль помощи ввода

Когда пользователь начинает набирать имя функции или переменной, система показывает список возможных вариантов окончания. Список упорядочен по частоте использования функций. Корректно набранные имена функций выделяются черным цветом. Комбинации клавиш `[SHIFT]+[⌘]+[K]` в Mac OS или `[SHIFT]+[CTRL]+[K]` в системе Windows выведут список доступных шаблонов для введенной функции.

Модуль помощи ввода помогает автоматически вставлять набираемые названия функций (набор нескольких начальных символов порождает выпадающий список возможных соответствий); просматривать рекомендации дополнения кода, основанные на окружающей функции; обнаруживать другие схожие функции и опции; контролировать по цветовой маркировке функций, системных и пользовательских переменных корректность, сократить количество ошибок во время написания кода. Пользователи быстро поймут удобство функций автозавершения, шаблонов кода, динамического яркостного выделения, быстрый доступ к документации для любой функции системы *Mathematica*. Модуль помощи ввода адаптируется к вашему индивидуальному стилю программирования, т.к. в выпадающих списках предложений учитывается частота использования элементов кода.

Иллюстрации последовательных шагов ввода пользователем уточнений, соответствующих подсказок системы показаны на рисунках ниже. Для упражнения используется пример предыдущей лекции, когда для демонстрации элементов управления объектами 3D графики использовался результат, полученный после выполнения секции с функцией и дополнениями (оформление выводимого изображения)

```
Graphics3D[
  {EdgeForm[{Thick, Blue}], FaceForm[Opacity[0.8]],
   PolyhedronData["TriangularCupola", "Faces"]},
  ImageSize → 500, ViewPoint → {-2.6, -1.6, 1.3}]
```

В рассмотренном выше примере директивой `EdgeForm` определено, что рёбра многогранника выводятся синими тонкими линиями, директивой `FaceForm` определено, что грани имеют уровень прозрачности 0.8; опциями задаются размер окна результата и координаты точки осмотра. В простейшем варианте вывода с установками по умолчанию изображение получается после выполнения секции

```
Graphics3D[PolyhedronData["TriangularCupola", "Faces"]]
```

В примере на рисунках 2.2, 2.3 показаны шаги ввода и подсказки системы, когда к варианту по умолчанию добавляются опция и директивы для оформления с заданием прозрачности граней.



Рис. 2.2. Фрагменты скриншотов подсказок системы при вводе

На рисунке 2.2 шаг 1: после набора перед `PolyhedronData` символов "Fa" система подсвечивает варианты, из которых пользователь выбирает "FaceForm". Шаг 2: ввод "[", а затем "Op", из выпадающего меню выбор

"Opacity", а далее задание значения уровня прозрачности. Обратите внимание, что система подсвечивает малиновым цветом скобку "[" после Graphics3D - это подсказка, что число скобок "[" не равно числу скобок "]". Шаг 3: скобка добавлена, запущено выполнение, но результат не получен, система выводит сообщение о синтаксической ошибке.

На рисунке 2.3 показан код с финальным уточнением и результат.

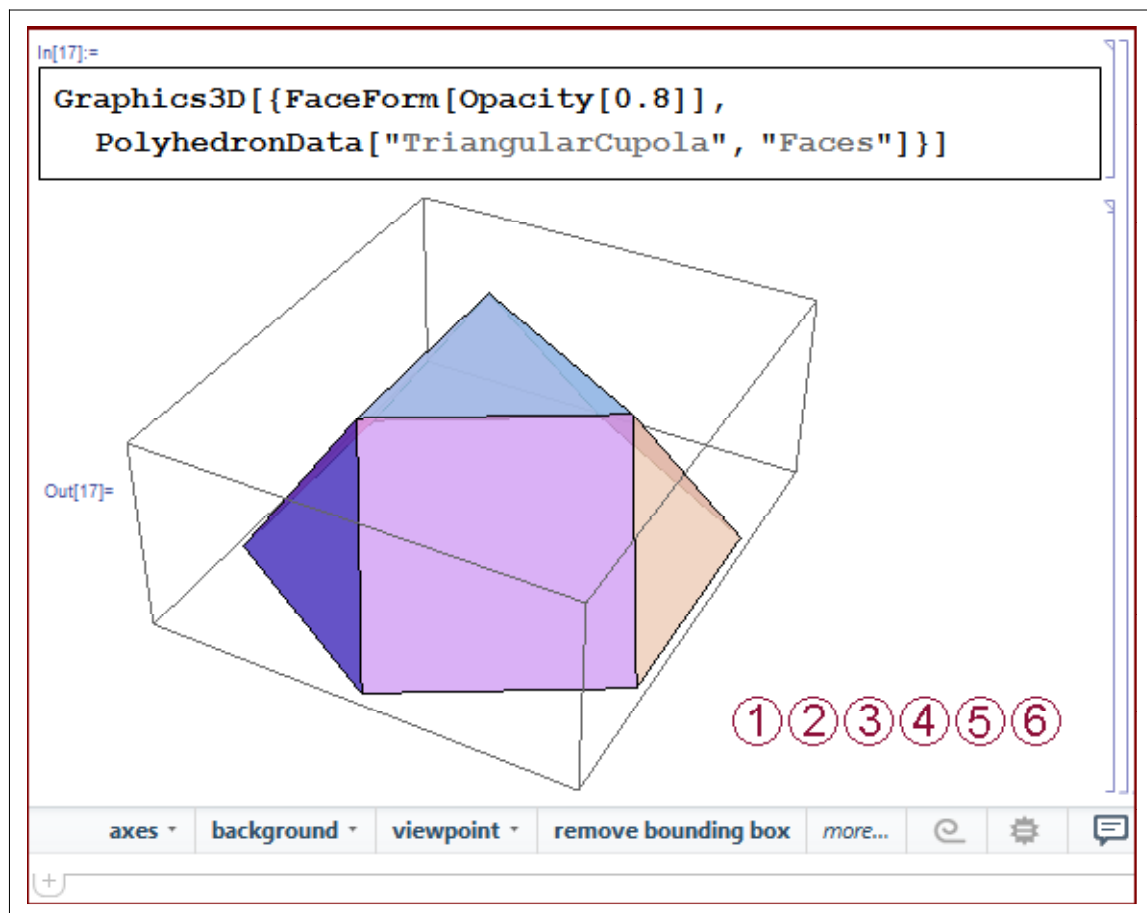
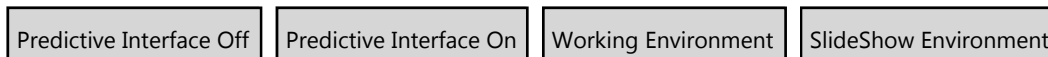


Рис. 2.3. Скриншот: код и итоговый результат

Как отмечено выше, предложения можно включать и отключать. В частности, это можно сделать, используя кнопки ниже.



▼ Mathematica. Правила работы со справочной системой

Помощь и справка в Mathematica

Центр документации (Documentation Center), Навигатор по функциям (Function Navigator), Виртуальный учебник (Virtual Book) обеспечивают помощь пользователям в изучении программного языка и функциональных возможностей системы Mathematica.

Встроенная документация системы содержит свыше 100 тысяч

представительных и наглядных примеров кодов на языке Wolfram. Все документы полностью интерактивны, это документы *Mathematica*, в которых можно пробовать свои коды, модифицировать готовые примеры непосредственно в справке.

Использование встроенного Центра документации

Центр документации - панель с выпадающими меню, гипертекстовый список основных разделов справки. Открыть Documentation Center можно через меню **Help** ► **Documentation Center**. После открытия вы увидите документ, в котором структурированы основные разделы справки ([Wolfram Mathematica Documentation Center](#)).

Гиперссылки в справке не имеют привычного вида подчеркнутых снизу надписей. Они представлены обычными надписями, но (как и обычные гиперссылки) активизируются при наведении курсора мыши на них и щелчке левой клавишей мыши.

Все справки реализованы, как набор блокнотов, написанных на языке программирования системы *Mathematica*. Это означает, что все примеры в справке могут модифицироваться пользователем, и можно немедленно запускать измененные примеры, наблюдая результаты их работы. В принципе, копирование примеров в собственные блокноты вполне возможно, но по сути для изучения примеров оно не требуется.

Использование встроенного Навигатора по функциям

Возможность иерархического просмотра справочных материалов по категориям реализована в Навигаторе по функциям ([Function Navigator](#)) - панели с открывающимися окнами, ссылками на справочные страницы. Доступ к навигатору функций выполняется через пункт меню **Help** ► **Function Navigator**. Навигатор по функциям открывается в отдельном окне, обеспечивая просмотр функций, перечисленных в списках на справочных страницах.

Использование встроенного Виртуального учебника

Виртуальный учебник ([Virtual Book Overview](#)) является упорядоченной коллекцией учебных материалов по *Mathematica*, объединенных по функциональным группам. Это энциклопедический источник информации для пользователей всех уровней подготовки, желающих получить практические навыки и более детальную информацию, знания по аспектам взаимодействия с системой и выполнения функций *Mathematica*.

Учебные материалы содержат подробные пояснения, примеры и ссылки на документацию по наиболее часто используемым функциям. В нижней части страницы учебных материалов расположены ссылки на документацию, родственную или имеющую отношение к данной функции. Кроме того, веб-ссылки на часто используемые функции и связанные с ними учебные материалы можно найти в правом верхнем

углу окна каждого учебника.

Поиск в системе Справки и Помощи

Система **Справки и Помощи** содержат обучающие блокноты с пояснениями, примерами (коды) и ссылками. В нижней части каждого обучающего блокнота расположены ссылки на документацию, родственную или имеющую отношение к поясняемой функции. Кроме того, веб-ссылки на часто используемые функции и связанные с ними учебные материалы можно найти в правом верхнем углу окна каждого обучающего блокнота.

Важно знать, что справку можно получить, например, нажав на клавишу F1, предварительно поставив курсор в имени интересующей функции или символа.

Для некоторых дополнительных разделов справки предусмотрен выход через Интернет на сервер Wolfram Research Inc., на котором размещены материалы этих разделов.

Рекомендации получения справки, краткие пояснения разделов центра документирования *Mathematica*: [PalettesMenu](#), [Palettes](#), [Keyboard Shortcut Listing](#), [Notebook Shortcuts](#). Вызов и включение в рабочее окно палитр (панелей) можно осуществить через меню ([Palettes](#)) или по ссылкам, например: [Classroom Assistant](#), [Special Characters](#).

Отдельно далее будут рассмотрены приёмы подготовки презентаций, чтобы стартовать, нужно выполнить [Palettes Menu ► Slide Show](#). Конфигурировать презентацию [Create a Slide Show](#), [PresentationsWithMathematica](#), [Create a Lecture Notebook](#).

Лабораторный практикум

▼ Основы работы со справочной системой. Ознакомиться

Используя **WOLFRAM Mathematica** ВИРТУАЛЬНЫЙ УЧЕБНИК [7] (на русском языке, сокращённый перевода документации к версии 7), освоить основные приёмы работы со справочной системой.

Рекомендации действий:

✓ **Руководство.** Системные интерфейсы и развертывание ► **Помощь и справка в Mathematica** ► Использование встроенного Виртуального учебника.

В блокнотах *Mathematica* можно создавать заголовки и названия разделов, выбирая нужные стили секций в меню **Format ► Style**.

✓ **Руководство.** "Блокноты" и документы ► **Использование стилей и форматирование "блокнотов"** ► Основы форматирования и применения стилей в "блокнотах".

Mathematica позволяет пользователям контролировать размеры шрифта текста, формул, графиков для достижения ясного отображения, компактности и личных предпочтений. Можно выбирать стили для отдельных символов, всего документа или представления по умолчанию, управляя ими в зависимости от таблиц стилей или способа вывода информации.

✓ Руководство. “Блокноты” и документы ► Использование стилей и форматирование “блокнотов” ► Изменение размера шрифта.

▼ Основы работы со справочной системой. Выполнить

Упражнение aJNMv1:

◆ Создать собственный блокнот, добавить в этот блокнот секцию заголовок (Title) при помощи пункта меню Format ► Style ► Title. Ввести в эту секцию текст - название дисциплины, во второй строке – фамилию и инициалы составителя блокнота, код индивидуальных вариантов, номер аудитории и используемого компьютера (стола). Блокнот сохранить с именем lab4aJNMv1.nb (вместо JNM следует вписать личный код).

◆ Создать дополнительную текстовую секцию, выбрав в меню Format ► Style пункт Subtitle. Также можно воспользоваться комбинацией клавиш, указанной в меню. Ввести в созданную вторую секцию блокнота текст – дата, номер занятия, тема занятия, номер упражнения.

◆ Найти в системе помощи правила назначения размеров окна блокнота, его позиционирования, выполнить настройки для своего блокнота.

Подсказки. Ознакомьтесь с опциями WindowSize, WindowMargins.

Подсказки. Интерактивно назначить соответствующие значения размера окна открытого активного блокнота можно также, используя инструменты Option Inspector (Format ► Option Inspector...). Пояснение на рисунке 2.4.

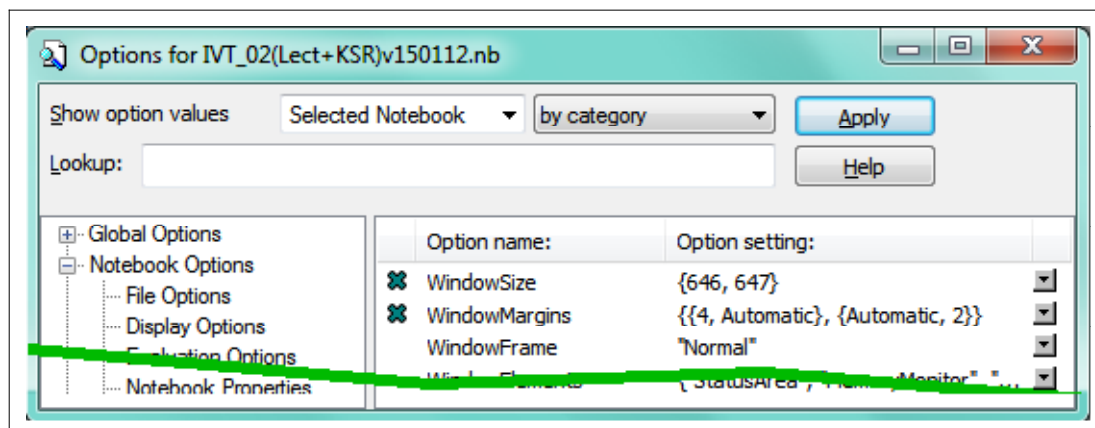


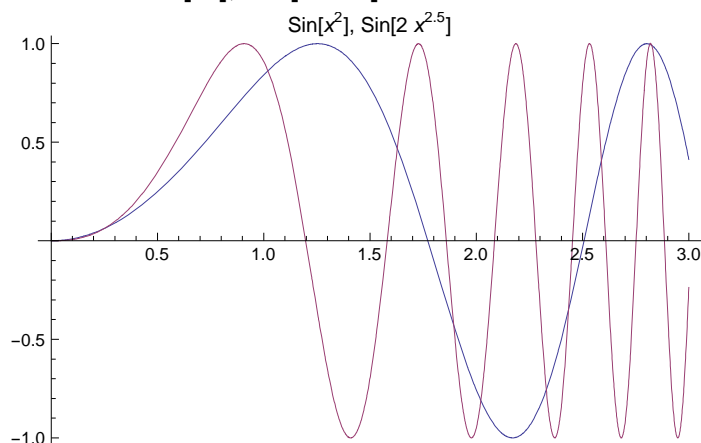
Рис. 2.4. Фрагмент скриншота панели Option Inspector

◆ Создать исполняемую секцию (третью), скопировав в неё функцию

`Plot[Sin[x^2],{x,0,3}]` из `Options for Graphics` (tutorial/Options). Эта секция должна быть стиля `Input`.

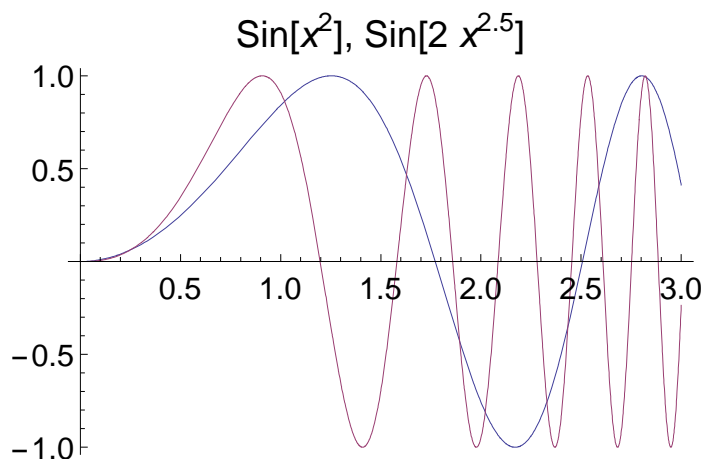
◆ Использовать инструменты Classroom Assistant. Вызов и включение в рабочее окно на экране монитора (не в кадр активного блокнота) палитр /панелей/ можно осуществлять через меню `Palettes`. Отредактировать исполняемую секцию, записав вместо одной две функции. Выражение оформить в математической нотации, как в заголовке графика ниже.

Подсказки. Две функции (список) - записать через запятую, в фигурных скобках. Для вывода заголовка графика нужно добавить опцию `PlotLabel` → "`Sin[x2], Sin[2 x2.5]`".



◆ Выше подписи разметки осей и заголовки выведены по умолчанию мелким шрифтом. Найти в системе помощи, как назначать основной стиль. Добавить в исполняемую секцию опцию, обеспечивающую результат, как на образце ниже

Подсказки. Размер шрифта - 16.



◆ Выполнить, получить результат, как на образце выше. Удалить из личного блокнота `Out`-секцию. Убедиться, что размер кадра (окна) активного блокнота – 1100×650, верхний левый угол кадра – вверху слева. Блокнот сохранить с именем `lab4aJNMv1.nb` (вместо `JNM` следует вписать личный код).

Многие студенты, работая на своих компьютерах, создают блокноты в окнах разного размера, размещают их в поле экрана в разных местах. Это не удобно, при проверке, когда надо открывать много разных блокнотов, причём, часто это приходится делать на мониторе другого разрешения, чем у исполнителя. Поэтому для всех выполняемых и сдаваемых на проверку в рамках данной дисциплины заданий и проектов, обязательными являются требования:

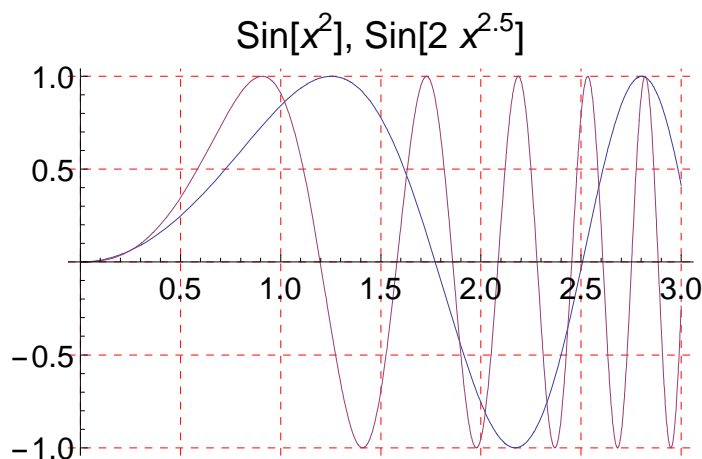
окно блокнота (*.nb) – кадр размера 1000×650,
верхний левый угол кадра – вверху слева.

▼ Индивидуальные задания. Исполнителям нечётных JNM

Упражнение aJNMv2:

◆ Используя встроенные Виртуальный учебник, систему Справки и Помощи, найти опции, которые надо добавить в секцию lab4aJNMv1.nb, чтобы получить результат, как на образце ниже.

Подсказки. Сетка нарисована пунктирными красными линиями, дискреты не задаются, а выводятся автоматически.



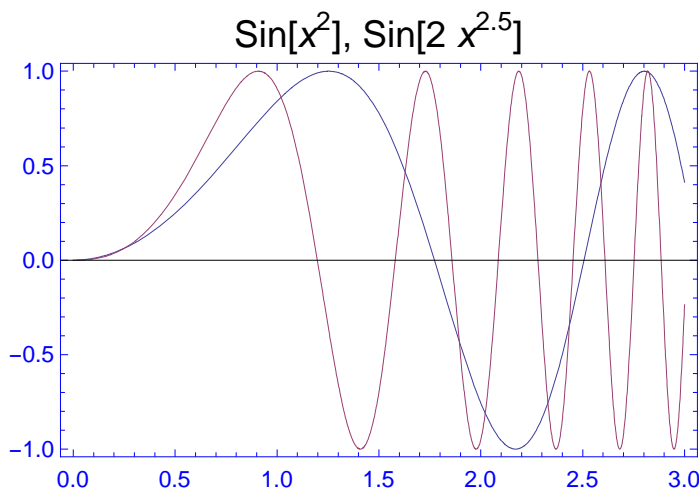
◆ Выполнить, получить результат, как на образце выше. В этом блокноте, как и предыдущем, также должны быть 3 секции. Удалить из личного блокнота Out-секцию. Проверить размер и положение кадра активного блокнота: 1100×650, вверху слева. Сохранить с именем lab4aJNMv2.nb.

▼ Индивидуальные задания. Исполнителям чётных JNM

Упражнение aJNMv2:

◆ Используя встроенные Виртуальный учебник, систему Справки и Помощи, найдите опции, которые надо добавить в секцию lab4aJNMv1.nb, чтобы получить результат, как на образце ниже.

Подсказки. Окаймляющая рамка, подписи даны синим цветом, шрифт размера 12, дискреты не задаются, а выводятся автоматически.



- ◆ Выполнить, получить результат, как на образце выше. В этом блокноте, как и предыдущем, также должны быть 3 секции. Удалить из личного блокнота Out-секцию. Проверить размер и положение кадра активного блокнота: 1100×650, вверху слева. Сохранить с именем lab4aJNMv2.nb.

▼ Отчётность по выполнению заданий практики

- ◆ Отправляемые на проверку блокноты должны иметь вид:
окно блокнота (*.nb) – кадр размера 1100×650,
верхний левый угол кадра – вверху слева.
- ◆ Составленные и подготовленные на проверку блокноты протестировать последовательными действиями, используя инструменты меню:

Evaluation ► *Quit Kernel* ► *Local*,

Evaluation ► *Evaluate Notebook*.

Убедиться, что каждый из подготовленных блокнотов выполняется, формируются требуемые результаты, графики имеют вид, как на образцах, при выполнении нет никаких сообщений-предупреждений.

- ◆ Убедиться, что в каждом из подготовленных блокнотов нет Out-секций.
- ◆ Составленные, проверенные блокноты упаковать в архив lab4aJNM.rar и отправить из личного адреса в каталог выполненных заданий. В поле Тема обязательно указать lab4aJNM.

Контролируемая самостоятельная работа. Задача А

- ▼ **Задача А.** Запрограммировать (программировать можно, где угодно, но исполняемое консольное приложение будет тестироваться на “чистом” ПК под Windows XP). Сформировать и вывести матрицу $m \times n$; $m, n \geq 5$, использовать случайные целые числа из диапазона -5, 7. Определить и вывести номера нулевых элементов.

Формат записи результата:

$\{\{i\text{Строки}1, j\text{Столбца}1\}, \{i\text{Строки}2, j\text{Столбца}2\}, \dots\}$

Решение. Вывод должен быть примерно такой:

$$\begin{pmatrix} 5 & -5 & 0 & 3 & -1 & 2 & -5 \\ 2 & 7 & 2 & 0 & 0 & 4 & 6 \\ -1 & -4 & -4 & 4 & 7 & -1 & -1 \\ 7 & 5 & -3 & -4 & -5 & 4 & 5 \\ 0 & 0 & 1 & -4 & -5 & 3 & -2 \end{pmatrix}$$

$\{\{1,3\},\{2,4\},\{2,5\},\{5,1\},\{5,2\}\}$

В исходном коде обязательно записать идентификатор задачи, фамилию инициалы исполнителя. Имена файлов - PrizeAJNM.*.

Исходный код, исполняемую программу (exe или com) и представительный пример результата (.dat) упаковать в архив PrizeAJNM.rar, отправить в каталог выполненных заданий. В поле Тема обязательно указать PrizeAJNM.

► Решение в WM

► *Mathematica*. Дополнительные учебные материалы

Рекомендуемая литература:

1. Дьяконов, В. П. Mathematica 5/6/7. Полное руководство / В. П. Дьяконов. – М. : ДМК-Пресс, 2009. – 624 с.
2. Таранчук, В. Б. Основные функции систем компьютерной алгебры : пособие для студентов фак. прикладной математики и информатики / В. Б. Таранчук. – Минск : БГУ, 2013. – 59 с.
3. Что нового в системе Mathematica 8. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.wolfram.com/mathematica/new-in-8>.
4. Что нового в системе Mathematica 9. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.wolfram.com/mathematica/new-in-9>.
5. Что нового в системе Mathematica 10. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.wolfram.com/mathematica/new-in-10>.
6. Таранчук, В. Б. О создании интерактивных образовательных ресурсов с использованием технологий Wolfram / В. Б. Таранчук // Информатизация образования: – 2014. – № 1. – С. 78–89.
7. WOLFRAM Mathematica : виртуальный учебник [Электронный ресурс]. URL: <https://download.wolfram.com/?key=VCKTB8>.
8. Mathematica for Teaching and Education [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.wolfram.com/training/courses/edu001.html>.



Основы работы с блокнотами *Mathematica*

Таранчук Валерий Борисович

БГУ,

факультет прикладной математики и информатики

Учебные материалы, инструкции и рекомендации пользователям системы компьютерной алгебры *Mathematica*, обучающие примеры и упражнения (оригинал документа создан и предоставляется студентам в формате NB, электронная версия конспекта размещена на сайте www.cas.fpmi.bsu.by)

► Содержание лекций и занятий 1, 2

Уважаемые читатели. В сгруппированной секции выше (и везде далее в подобных) при работе с оригинальным блокнотом, раскрывая группу секций, вы получаете дополнительные материалы для самостоятельного изучения.

▼ Содержание лекции и занятия 3, учебные материалы

- ✓ Составные части системы *Mathematica*
- ✓ Структура, состав *Math*-документа
- ✓ Стилль, оформление атрибуты секций
- ✓ Виды указателей в секциях *Mathematica*
- ✓ Группировка секций
- ✓ Лабораторный практикум

Mathematica. Основы оформления блокнотов, секций

▼ Составные части системы *Mathematica*

Mathematica, как и большинство систем компьютерной алгебры, имеет следующую модульную структуру:

- Центральным является ядро системы – коды большого числа заранее откомпилированных функций и процедур, обеспечивающих достаточно представительный набор инструментов математических преобразований и вычислений. Функции и процедуры, включенные в ядро, тщательно оттестированы и отлажены, запрограммированы так, чтобы выполнялись предельно быстро. Объем ядра ограничивают, но к нему добавляют библиотеки более редких процедур и функций.
- Интерфейсная оболочка (интерфейсный процессор) – дает пользователю возможность обращаться к ядру с запросами и получать результат решения на экране дисплея. Средствами оболочки пользователь взаимодействует с системой, определяет режим работы и оформление получаемых результатов. Интерфейс всех современных СКА основан на

средствах операционных систем. В частности, поэтому некоторые элементы и инструменты интерфейса в разных операционных системах имеют разный вид.

■ Пакеты системы, которые обеспечивают расширение возможностей и адаптацию к решаемым конкретными пользователями классам задач. Пакеты (нередко и библиотеки) пишутся на собственном языке программирования системы, что делает возможным их подготовку пользователями и расширение собственных библиотек.

■ Справочная система, ядро, пакеты расширения современных СКА аккумулируют знания в области математики, накопленные за тысячелетия ее развития.

Основы структуры, интерфейса системы *Mathematica*, инструментов связи с другими программами описаны в [1 – 3].

▼ Контролируемая самостоятельная работа

Ознакомиться в перечисленных ниже разделах с изложением:

Введение ► Знакомство с *Mathematica* ► ...

- Структура *Mathematica*.
- Использование интерфейса блокнота.
- Использование интерфейса командной строки.

Введение ► О системе *Mathematica* ► ...

- Различия между операционными системами.

Система и развертывание ► Подключение к другим системам ► ...

- Подключение к удаленному вычислительному ядру.
- Подключение Java программ к *Mathematica*.
- Создание пользовательского интерфейса с помощью .NET/Link.

▼ Структура, состав *Math*-документа

Большинство пользователей работают в *Mathematica* с документами в режиме графического интерфейса. Рабочий документ системы на платформах Windows, Macintosh, Linux – **блокнот** (notebook); в настоящем изложении часто используется термин **Math-документ**. Блокнот является основным объектом, с которым работает система, файлы блокнотов имеют расширение nb; именно в блокноте пользователь вводит комментарии и функции (команды), выполняет их, получает результаты (Notebook Basics), блокнот включает секции различных типов. Внешний вид блокнота зависит от установок и назначений, которые могут приниматься по умолчанию или задаваться пользователем (Style And Format Notebooks). В блокноте можно соединить текст, графику, звук и вычисления, в том числе для создания отчетов, презентаций, статей и книг.

В сеансе работы в *Mathematica* можно выполнять вычисления и/или редактировать один или несколько блокнотов. При этом каждый

открытый блокнот можно редактировать независимо, результаты вычислений в любом из них можно использовать во всех открытых в текущем сеансе. Вид блокнота можно изменять, используя команды меню или функции. Как это делать, описано ниже и в заданиях практики.

Для примера рассмотрим код создания и открытия в новом окне блокнота с окном назначаемого размера и включением в него четырёх секций. На рисунке 3.1 приведен скриншот формируемого при выполнении следующей секции нового блокнота. Блокнот размера 580×210 открывается в новом окне, позиционируется так, что верхний левый угол кадра имеет координаты (30,60).

```
CreateDocument[{
  TextCell["Секция заголовков", "Title"],
  TextCell[
    "Секция стиля Пункт. WindowSize→{580,210}",
    "Subsubsection"], TextCell["Секция стиля Текст.
    WindowMargins→{{30,0},{0,60}}", "Text"],
  TextCell[(x + y) ^ 3, "Input"]],
  WindowSize → {580, 210},
  WindowMargins → {{30, 0}, {0, 60}}];
```

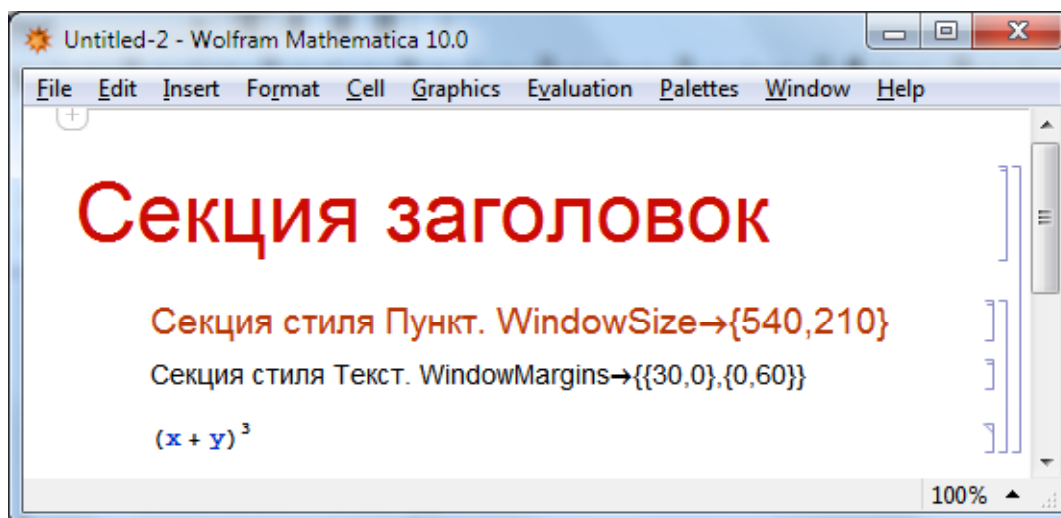


Рис. 3.1. Скриншот блокнота, открытого функцией CreateDocument

▼ Контролируемая самостоятельная работа

Ознакомиться в перечисленных ниже разделах с изложением:

Введение ► Работа с интерфейсом блокнота ► ...

► Работа с таблицами стилей.

- ▶ Базовый процесс редактирования
- ▶ Наследование
- ▶ Конфигурации среды

▼ Стиль, оформление, атрибуты секций

Активный *Math*-документ при работе в среде системы на экране монитора отображается в виде набора секций. Секции (ячейки /Cell/) являются основными обобщёнными объектами блокнотов. Различаются они не только видом, но и своим типом (статусом), т.е. совокупностью свойств, определяющих поведение секции в различных ситуациях (Cells As Wolfram Language Expressions). Важными понятиями, относящимися к секциям (ячейкам) и отражающими особенности работы системы, являются понятия изменения (эволюции) и модификации содержимого секций. Секции *Mathematica* могут быть двух категорий: **ввода** – комментарии, исходные данные и команды; **вывода** (результат) – числа, математические выражения, графические и мультимедиа объекты, сообщения системы (Forms Of Input And Output , How Input And Output Work).

К примеру, секции вывода содержат текстовые записи или результаты вычислений в том или ином формате, графику, цифровые аудио и видео данные. Они не эволюционируют (их содержимое изменяется только после выполнения соответствующих секций ввода) поскольку являются конечным итогом вычислений. Секции ввода, имеющие статус вычисляемых, напротив, эволюционируют и порождают секции с результатами. При выполнении секции нумеруются: исполняемым секциям ввода присваивается идентификатор In[№]=, секциям вывода – Out[№]=. Нумерация ячеек идёт в том порядке, в котором они запущены (Automatic Numbering).

Mathematica позволяет размещать секции в блокноте иерархически, соответственно, например, главам и параграфам в книге. Так для больших блокнотов системы типично наличие разделов, подразделов, пунктов, подпунктов, которые представлены группами секций, имеют заголовки. Иерархическая структура группы секций показывается в виде перекрытия (вложенными одна в другую) скобок секций в правой стороне окна блокнота. Области, охватываемые такими группами, обозначаются скобками справа.

Каждой секции блокнота назначается (по умолчанию или пользователем) свой стиль, указывающий ее статус и роль. Стиль включает в себя то, как отображаются текст, формулы, элементы оформления самих секций, в частности: шрифт, размер, цвет, способ выравнивания; фон, обрамление, скобки, заголовки секций. Для секций существует много определенных (с общепринятыми названиями) стилей. Названия стилей только предполагают их использование. Например,

материал, вводимый в качестве исходных данных для обработки в ядре *Mathematica*, как правило имеет стиль *Input*, в то время как текст, предназначенный только для чтения, как правило имеет стиль *Text*. Оформление, стиль (вид) секций активного документа можно корректировать с использованием функций *Format*-группы (*Format Menu*). С помощью подменю *Style* в меню *Format* можно применить нужный стиль к выбранной секции, и сразу увидеть результат. Примеры некоторых стандартных стилей: *Title*, *Chapter*, *Subchapter*, *Section*, ... – заглавие, заголовки и подзаголовки различных уровней; *Input* – ввод в ядро *Mathematica*; *Output* – вывод ядра.

При вводе в *Mathematica* в секции ввода данные представляются в одном из форматов (заданных в стиле или уточнённых командой) *Default Input Format Type*. Соответственно в ячейках вывода результаты представляются в формате *Default Output Format Type*. Можно изменить формат данных в секциях, форму записи с использованием функций *Cell*-группы (*Cell Menu*) *Cell* → *Convert To*.

Для примера приведём записи математического выражения разными стилями (*Forms Of Input And Output*), в комментариях отмечено название стиля:

$$\int e^{ax} \sin[x]^2 dx$$

(* *StandardForm* – используется
в блокнотах системы по умолчанию *)

*Integrate[E^(a * x) * Sin[x]^2, x]* (* *InputForm* *)

$$\int e^{ax} \sin^2(x) dx$$

Секция является наименьшей выполняемой частью активного *Math*-документа. В главном меню системы *Cell*-группа (*Cell Menu*) содержит функции для изменения свойств, атрибутов, установки меток, группировки / разгруппировки секций, указания вычисляемых групп и другие свойства. Секцию / секции, блоки текста можно выделять, секции могут быть заблокированными для модификации. Наиболее часто изменяют следующие атрибуты секций: *Evaluatable*, *Editable*, *Open*, *Close*. Подменю *Cell Properties* *Cell*-группы служит для установки, изменения свойств – статуса ячеек. Подменю содержит следующие позиции:

- ◆ *Open* – делает секцию открытой или закрытой;
- ◆ *Editable* – делает секцию редактируемой или не редактируемой;
- ◆ *Evaluatable* – делает секцию эволюционирующей или нет;

- ◆ *Deployed* – делает секцию разворачиваемой или нет (Deployed);
- ◆ *Initialization Cell* – делает секцию инициализированной или нет.

Установка свойств выделенной секции осуществляется установкой (обычно мышкой) символа птички против той или иной позиции подменю *Cell Properties* или исполнением команды. Одновременно может быть установлено несколько свойств. Для удаления свойства необходимо снять знак птички. О соответствующем изменении вида]-скобки секции записано ниже.

В окне блокнота секции обычно отмечены скобками (разных видов, но всегда, когда выводятся, на основе квадратной скобки). Вид скобки соответствует типу и атрибутам секции; вывод скобки секции можно отключить. Ниже даны иллюстрации, а пояснения, когда и какие атрибуты целесообразно назначать, излагаются отдельно.

В блокноте рассмотренного выше примера и на рисунке 3.1 показаны открытые (созданные) и заполненные содержимым 4 секции, категория и тип каждой из которых назначены (Title, Subsubsection, Text, Input). Первые 3 секции текстовые, последняя – исполняемая. Вид блокнота, формат секций упомянутых категорий определены стилем по умолчанию (Default), при этом]-скобки секций несколько различаются. Поясним примерами; варианты секций с разными атрибутами показаны на рисунке 3.2:

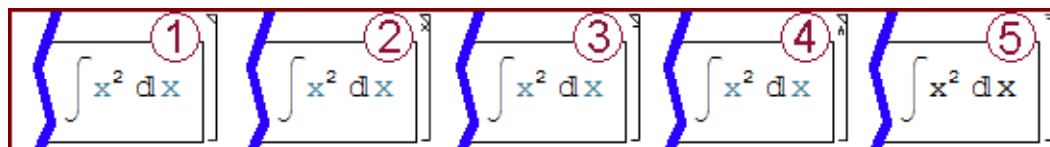


Рис. 3.2. Фрагменты скриншотов, вид скобок секций разных категорий

В вариантах 1 - 5 отличие в малозаметных опознавательных знаках в верхней части квадратной скобки, обрамляющей секции (Options For Cells). Фрагмент 1 – выполняемая секция без дополнительных ограничений. Заблокированная от редактирования секция помечается знаком “х” (фрагмент 2). Знак “-” ниже треугольника (короткая горизонтальная черточка) на изображении фрагмента 3 отмечает секцию ввода со статусом невыполняемая. Фрагмент 4 – секция категории “Deployed”, изменения пользователя игнорируются. Фрагмент 5 – текстовая секция, в которой синтаксис кода не проверяется, такие секции не исполняются. Выключение вывода окаймляющих скобок можно обеспечить командами меню: *Format ► Option Inspector... ► Selection ► By category ► Cell Options ► Display Options ► ShowCellBracket ► False*. Заметим, что вывод скобок можно также сделать таким, чтобы скобки появлялись только при приближении к ним указателя – для такого режима

отображения в записанной выше последовательности действий в конце вместо *False* надо записать *Automatic*. (Option Inspector)

▼ Примеры. Несколько секций с разными атрибутами

$\text{Expand}[(1+x)^3]$
$\text{Expand}[(1+x)^3]$
$\text{Expand}[(1+x)^3]$
$\text{Expand}[(1+x)^3]$
$\text{Expand}[(1+x)^3] (* \dots \text{ShowCellBracket} \blacktriangleright \text{False} *)$
$\text{Expand}[(1+x)^3] (* \dots \text{ShowCellBracket} \blacktriangleright \text{Automatic} *)$

Дополнительные примеры (для самостоятельных упражнений)

▼ Виды указателей в секциях Mathematica

Статус секций (ячеек) можно различать по ряду признаков без выполнения документа, даже в случае отключения вывода скобок (Cell Styling Options) – по виду курсора мыши при его размещении в области блокнота и секций.

При редактировании *Math*-документа курсор мыши приходится перемещать из одной ячейки в другую, обращаться к командам главного меню для выполнения тех или иных операций, например копирования содержания ячейки в буфер, изменения шрифта и т.д.. Указатель мыши при этом меняется, по его форме можно видеть не только его местонахождение, но и категорию секции.

Иллюстрируют сказанное рисунки ниже, на которых указатель и маркер положения указателя в редактируемой секции обведены окружностью. На скриншотах рисунка 3.3 в фрагменте 1 показан вид указателя (\leftarrow), отметим, что в данном случае текстовая секция ввода не выделена, иначе её скобка была бы удвоенной толщины. На изображении фрагмента 2 виден указатель мыши (I), а также показано положение курсора в строке, с которого возможно редактирование. Фрагмент 3 иллюстрирует вид указателя, когда он позиционирован на участке между двумя секциями – в рассматриваемом примере выше текстовая, ниже выполняемая. Разницу вида указателя в текстовой и исполняемой секциях иллюстрирует фрагмент 4. Также нужно обратить внимание, что в случае позиционирования курсора в части кода в исполняемой секции, подсвечиваются функция и её последний символ.

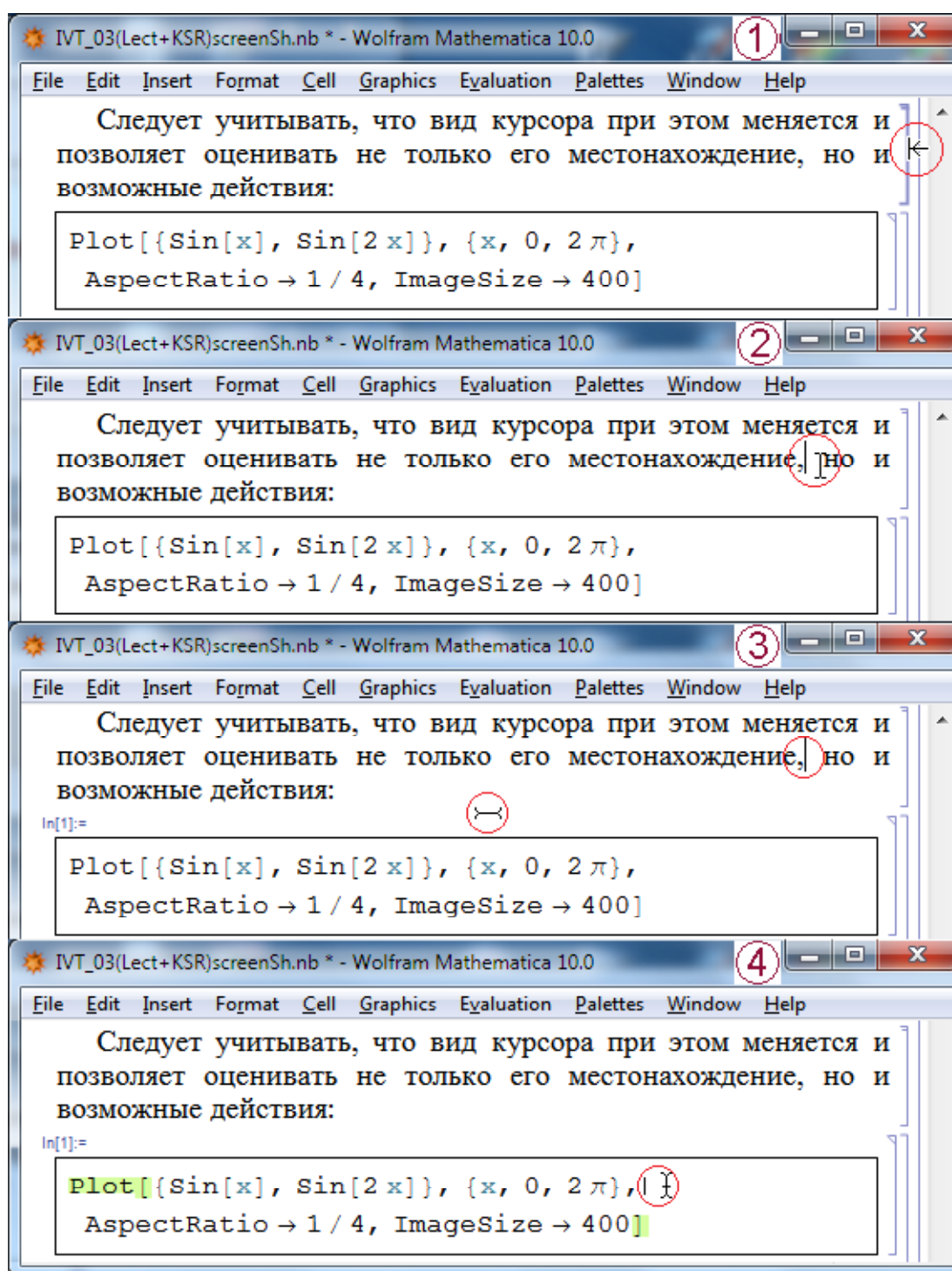


Рис. 3.3. Фрагменты скриншотов, вид указателя секций разных категорий

На фрагментах скриншотов рисунка 3.4, показаны варианты отображения указателя мыши при позиционировании в секции, когда выводится сформированный графический объект, случай 3D графики рассматривается отдельно.

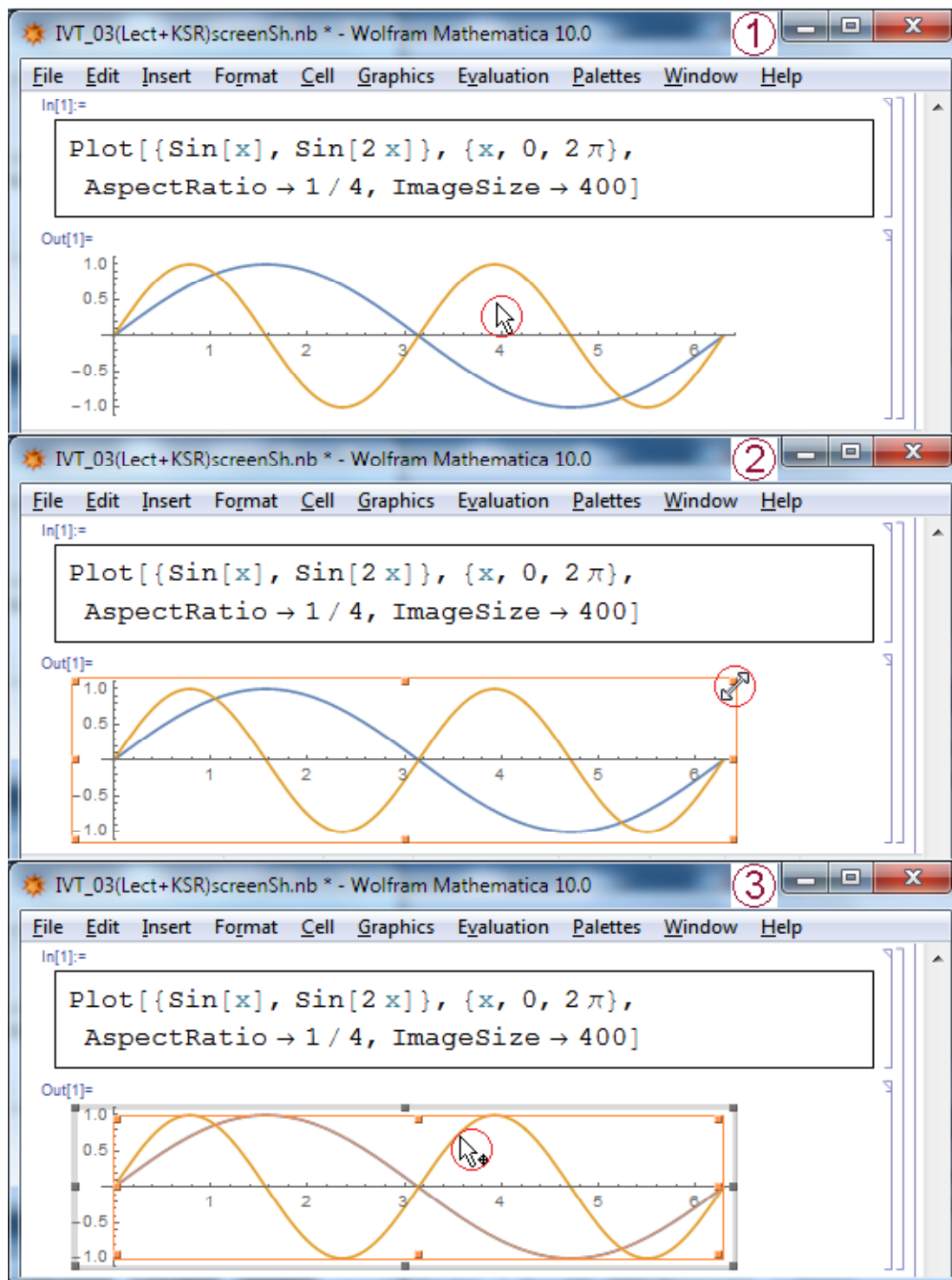




Рис. 3.4. Фрагменты скриншотов, вид указателя в секции графики

Фрагмент 1 – показан вид указателя, когда он в поле графика, но графический объект ещё не выбран. На изображении фрагмента 2 показан указатель мыши, когда объект уже выбран и предполагается действие по изменению размера. Фрагмент 3 иллюстрирует вид указателя, когда он

помещён вблизи кривой графика, двойным кликом активизирован режим редактирования, следующим будет выбор инструмента и собственно редактирование - рисование.

На фрагментах скриншотов рисунков 3.5 и 3.6 показаны варианты отображения указателя мыши при позиционировании в секции, когда выводится и изучается сформированный объект 3D графики. Фрагмент 1 – показан вид указателя , когда можно поворачивать графический объект мышью (указатель надо поместить в площади объекта). На изображении фрагмента 2 показан указатель вида , изучаемый объект можно поворачивать относительно оси, перпендикулярной экрану и проходящей через условный центр площади изображения объекта. Указатель надо поместить вблизи угла кадра изображения объекта, нажать и перемещать указатель по часовой или против часовой стрелки.

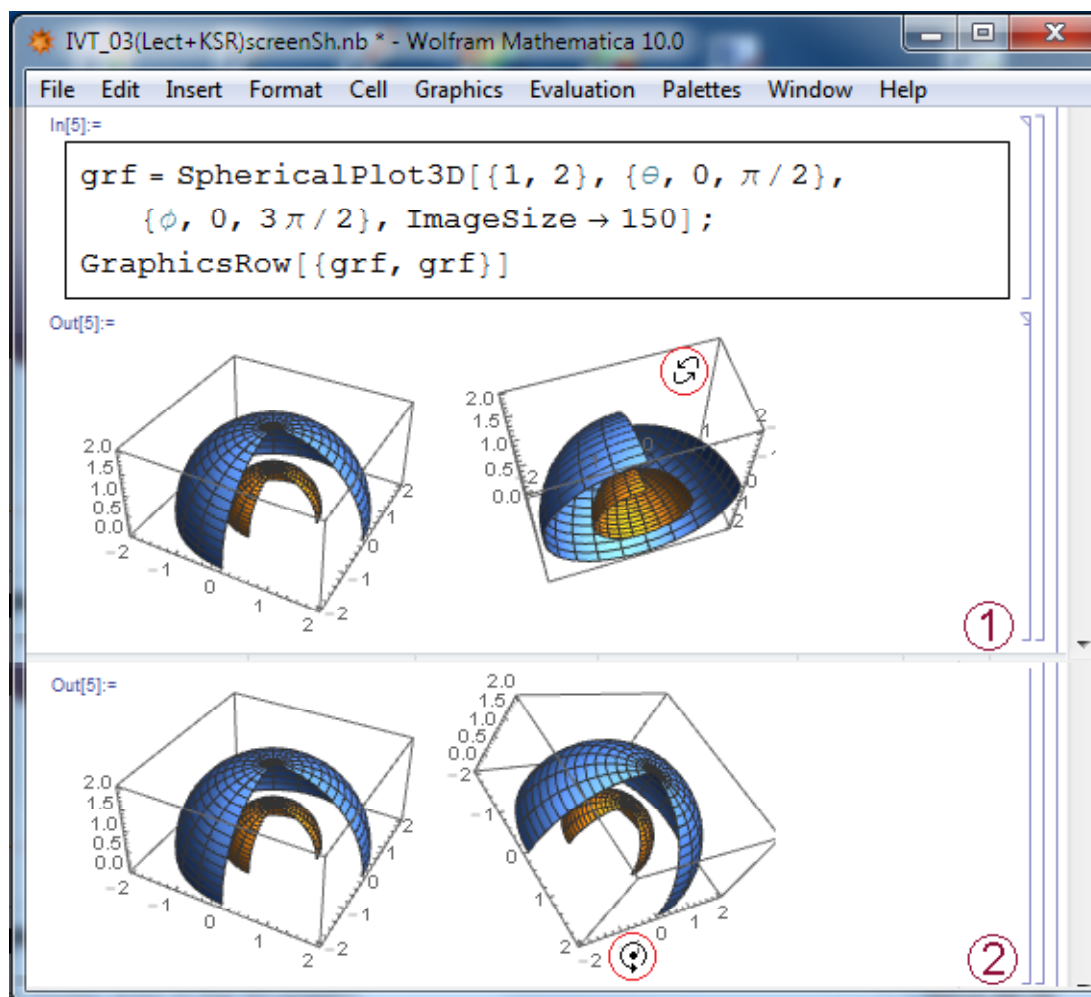




Рис. 3.5. Фрагменты скриншотов, вид указателя в секции 3D графики

Варианты отображения указателя мыши, когда одновременно с мышью нажата и удерживается клавиша **ALT** или **SHIFT**, показаны на фрагментах

скриншотов 3 и 4 рисунка 3.6. Фрагмент 3 – показан вид указателя , когда, удерживая **ALT**, можно увеличивать размер изображения, оставаясь при этом в кадре. Фрагмент 4 – указатель вида , когда, удерживая **SHIFT**, можно перемещать объект, но при этом оставаться в кадре.

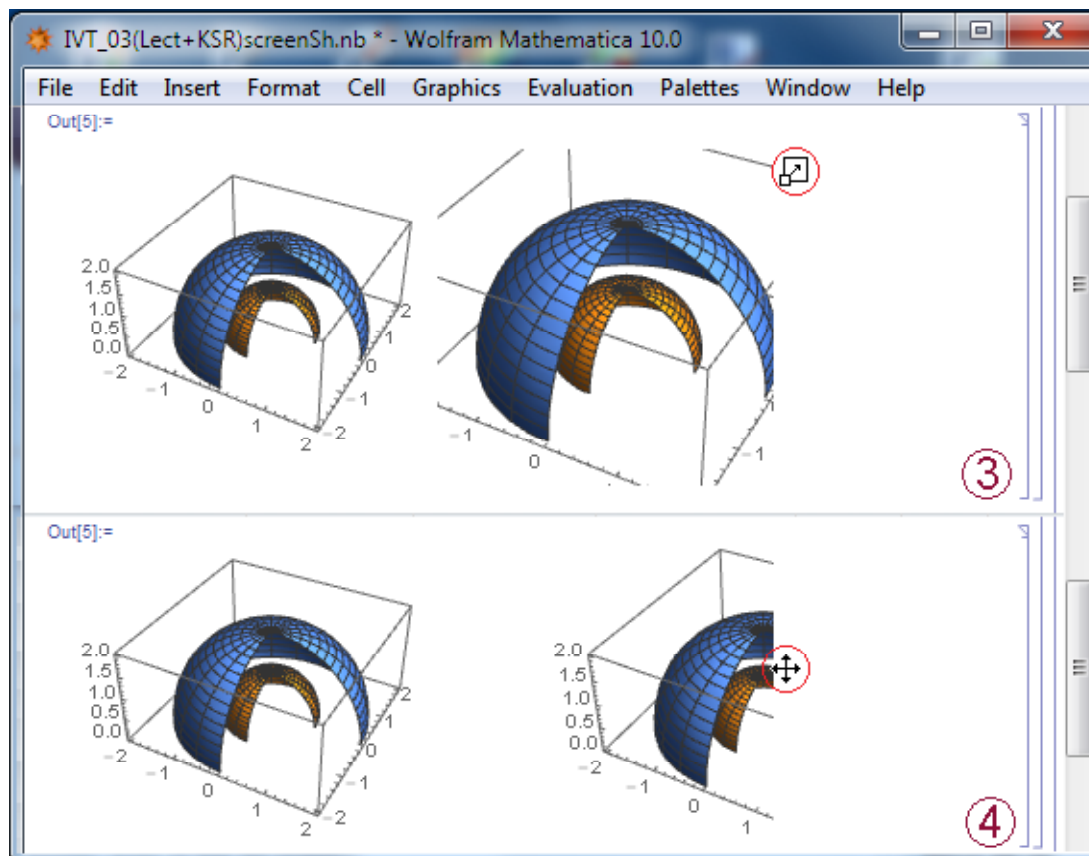







Рис. 3.6. Фрагменты скриншотов, вид указателя в секции 3D графики

В секциях, содержащих получаемый системой графический объект, можно выполнять разные действия. Щелчок мыши, когда указатель спозиционирован в блоке графического объекта, активизирует его – объект окаймляется рамкой, появляются управляющие точки (в углах и серединах сторон прямоугольника-границы). В области рамки при приближении к углам или управляющим точкам указатель приобретает соответствующий вид (, , , , ); фиксация указателя нажатием мыши позволяет менять положение или размеры графического объекта.

На заметку. Перемещение стрелками клавиатуры вверх или вниз позволяет также контролировать переходы в другие секции (в том числе, определять сколько их) – мелькает разделяющая секции линия, курсор пропадает при переходе в скрытую секцию. Такими действиями можно определить, где в блокнот включена секция, у которой отключен статус *Open*, т.е. она невидимая.

▼ Группировка секций

Выше отмечено, что *Mathematica* позволяет размещать секции в блокноте иерархически. При работе в системе базовые стили обеспечивают автоматическую организацию секций блокнотов в удобные группы. Пользователь может переопределить назначение, контролировать его, используя пункты меню, опции настроек или из кода. Управление группами предполагает действия по группировке и разгруппировке, выбор и выделение секций и групп. Так, для создания группы объединяемые секции нужно вначале выделить.

Выделение секции / секций можно выполнять разными способами, например, следующим образом: к `]`-скобке секции подвести указатель мыши, вблизи скобки он меняет свой вид на `⌵`; после нажатия левой кнопки мыши у секции ограничивающая ее `]`-скобка подсвечивается, перемещение указателя вниз (или вверх) вдоль скобки, вывод его в поле следующей скобки обеспечивает выделение ниже (или выше) расположенных секций. Все отмеченные секции становятся выделенными на момент, когда нажатая кнопка мыши отпущена. Для выделения несоседних секций нужно, удерживая клавишу `CTRL`, подводя указатель к `]`-скобке, щелчком левой кнопкой отметить нужные.

Интерфейс блокнота позволяет сворачивать группы, так что только первые секции будут оставаться видимыми. Например, действием свернуть группу можно обеспечить, что будет видно только название главы или группы секций документа. Остальные секции, оставаясь невидимыми, выполняют свои функции в соответствии с их статусом. Когда группа секций закрыта (свёрнута), её скобка имеет внизу залитый треугольник, если щёлкнуть по скобке мышью два раза, группа раскроется (Grouping).

Дополнительно отметим, что после выделения секций нажатие правой кнопки мыши или щелчок в строке-меню левой кнопкой по `[Edit]` открывает выпадающее меню *Edit*-группы (Edit Menu) – доступ к командам, которые поддерживают операции обмена, работы с выделенными блоками (вырезать с запоминанием в буфер, скопировать, вставить, удалить), поиска и другие. Помещенные в буфер обмена (Clipboard) после выполнения команд *Cut* или *Copy* объекты доступны для обмена в течение текущего сеанса работы не только в среде системы, но и в среде Windows.

Выше уже отмечено, что секции при выполнении нумеруются. На заметку. Любое редактирование выполняемой секции вызывает исчезновение идентификатора `In[№]:=`.

Лабораторный практикум

▼ Основы работы с блокнотами Mathematica. Ознакомиться

Используя **WOLFRAM Mathematica** ВИРТУАЛЬНЫЙ УЧЕБНИК [1], прочитать правила основные приёмы изменения стилей.

Рекомендации действий:

- Введение ► Работа с интерфейсом блокнота ► Работа с таблицами стилей ► Базовый процесс редактирования.
- Введение ► Работа с интерфейсом блокнота ► Работа с таблицами стилей ► Конфигурации среды.
- Блокноты и документы ► Использование стилей и форматирования блокнотов ► Установка таблицы стилей.

▼ Основы работы с блокнотами Mathematica. Выполнить

Использовать секции, размещённые в настоящей группе. Разобраться отличаются ли секции № 2, 3 и 4. Выполнить действия “Подсказки” и “Подсказки. Способ 2”.

▼ Индивидуальные зачётные задания

Исполнители нечётных и чётных вариантов получают разные блокноты, в каждом из которых более 10 секций разных категорий и типов. Вопросы об определении свойств с стилями секций сформулированы в первой секции, как оформить и куда отправить ответы записано в последней секции.

► Mathematica. Дополнительные учебные материалы

Рекомендуемая литература

1. WOLFRAM Mathematica : виртуальный учебник [Электронный ресурс]. URL: <https://download.wolfram.com/?key=VCKTB8>.
2. Mathematica for Teaching and Education [Электронный ресурс]. URL: <http://www.wolfram.com/training/courses/edu001.html>.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
СПИСОК ОСНОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ	4
Содержание лекции и занятия 1, учебные материалы	5
Технологии интерактивной визуализации. Из программы дисциплины	6
Системы компьютерной математики. Терминология	6
Wolfram <i>Mathematica</i> . Примеры вычислений, визуализации	9
Упражнения. Упростить записанные выражения	9
Как манипулировать выражениями с интерактивностью	10
Примеры интерактивности в 1D графике	12
Динамические элементы "локаторы"	15
Элементы управления при работе с 3D графикой	16
Лабораторный практикум	17
Контролируемая самостоятельная работа. Изучить	18
Рекомендуемая литература	18
Содержание лекции и занятия 2, учебные материалы	19
Wolfram <i>Mathematica</i> . Основные возможности	19
<i>Mathematica</i> . Интерфейс	27
<i>Mathematica</i> . Правила работы со справочной системой	31
Лабораторный практикум	33
Контролируемая самостоятельная работа. Задача А	37
Рекомендуемая литература	38
Содержание лекции и занятия 3, учебные материалы	39
Составные части системы <i>Mathematica</i>	39
Структура, состав <i>Math</i> -документа	40
Стиль, оформление, атрибуты секций	42
Виды указателей в секциях <i>Mathematica</i>	45
Группировка секций	50
Лабораторный практикум	51
Индивидуальные зачётные задания	51
Рекомендуемая литература	51

Учебное издание

Таранчук Валерий Борисович

**ОСНОВЫ РАБОТЫ
С БЛОКНОТАМИ *MATHEMATICA***

**Учебные материалы для студентов
факультета прикладной математики
и информатики
специальности 1-31 03 04 «Информатика»**

В авторской редакции

Ответственный за выпуск *В. Б. Таранчук*

Подписано в печать 18.02.2015. Формат 60×84/16. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 3,02. Уч.-изд. л. 2,65. Тираж 50 экз. Заказ

Белорусский государственный университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/270 от 03.04.2014.
Пр. Независимости, 4, 220030, Минск.

Отпечатано на копировально-множительной технике
факультета прикладной математики и информатики
Белорусского государственного университета.
Проспект Независимости, 4, 220030, Минск.